ENDEAVOUR

Revista trimestral destinada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad

---

VOLUMEN XI Octubre 1952 NUMERO 44

SUMARIO

Editorial: La ciencia y la prensa diaria 171

581.192.2:581.47/.48:[547.29 + 547.39]
Las grasas de las semillas y frutos vegetales — T. P. HILDITCH — 173

091.31:59(084.1)«13»
Cybo d'Hyères: un zoólogo del siglo XIV — A. C. CROMBIE — 183

575.173:577.15.02
El modo de acción de los factores hereditarios — A. BUTENANDT — 188

576.89:576.12
Parasitismo, evolución y filogenia — THOMAS W. M. CAMERON — 193

576.355:547.963.32
Las nucleoproteínas y la división celular — W. JACOBSON y M. WEBB — 200

576.853:582.25/.26:546.72
Los ferroorganismos — E. G. PRINGSHEIM — 208

551.510.534
El ozono en la atmósfera terrestre — G. M. B. DOBSON — 215

049.3
Revista de libros 219

Libros recibidos 223

Notas sobre los colaboradores 224

Redactor-jefe: E. J. HOLMYARD
Redactor auxiliar: TREVOR I. WILLIAMS
Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN

Imperial Chemical Industries Limited, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1
Toda comunicación a los editores debe dirigirse a 26 Dover Street, Londres, W.1

La ciencia y la prensa diaria

En el último medio siglo, la influencia ejercida por la ciencia en la vida de los pueblos ha cambiado tanto que acaso no sea bien evaluada. Hace cincuenta años, el joven estudiante de ciencias tenía como principal perspectiva de su carrera la de practicar la enseñanza en un colegio o en una universidad. La industria contrataba entonces pocos científicos y el Gobierno prácticamente ninguno. Actualmente, los trabajos de la investigación científica y de la administración de sus centros constituyen una brillante carrera. Antes, era desconocido del público el hombre que vivía de los trabajos de laboratorio; ahora, el científico es generalmente un hombre conocido. Antes, un hogar ordinario contenía pocas cosas que fueran objeto de la actividad científica; ahora, todos los objetos domésticos, desde la llave del gas hasta el aparato de televisión, nos hablan de la ciencia aplicada. Antes, la amenaza de los explosivos era remota y rara vez nos recordaba la acción de la ciencia; ahora, el avión de guerra y la bomba atómica están en la mente de todos, como resultados terribles de la investigación científica.

Sabido es que la vida cotidiana se refleja constantemente en la prensa diaria, pero ¿qué expresión tiene en ella la ciencia, y hasta qué punto es posible una adecuada representación de los temas científicos? Es, desde luego, muy difícil comunicar detalles de materias extremadamente complejas a lectores que, aunque sientan alguna curiosidad por tales cosas, carecen en su mayor parte de preparación científica y acaso se muestren poco propicios a realizar un gran esfuerzo para comprender los temas demasiado técnicos. Aparte de esto, si comparamos la situación de hoy con la de hace 40 años, advertimos una dificultad que no existía entonces, y es la de la falta de espacio. Probablemente, la exposición científica más brillante hecha en la prensa diaria en los últimos tiempos fué la serie de artículos de Ray Lankester, aparecida en *The Daily Telegraph* de 1907 a 1914, bajo el título: *Science from an Easy Chair*. Estos artículos contenían generalmente de dos a tres mil palabras y estaban escritos con bastante amplitud. Los periódicos diarios de aquellos tiempos eran mucho más extensas que los de ahora, y gran número de lectores estaban acostumbrados a dedicar cierto tiempo a su lectura. Las horas de la noche que ahora se dedican a los programas de radio y de televisión se empleaban entonces en la lectura de un gran diario nacional. El interés despertado por los artículos de divulgación científica de Ray Lankester se comprueba con la venta de los libros en que se coleccionaron. Del primero de ellos, se publicaron ocho ediciones en cinco años.

El éxito de Ray Lankester plantea otra cuestión. Este hombre estaba, sin duda, especialmente dotado; tenía un estilo muy atractivo y poseía amplio caudal de conocimientos, pero, aparte de algunos artículos sobre astronomía, escribió principalmente sobre temas biológicos y en especial, sobre medusas, elefantes, el cólera, las polillas y otros asuntos semejantes. Generalmente se reconoce que es más fácil escribir para los profanos sobre ciencias biológicas que sobre ciencias exactas. Los organismos vivos en que las primeras se ocupan son conocidos, en general, del gran público; los conceptos no son tan remotos como, por ejemplo, los de la física teórica, y el argumento teleológico tiene una atracción inmediata. Es poco probable que existan científicos de alta categoría capaces de escribir con la misma autoridad y con igual soltura sobre los dos grandes sectores de la ciencia: el biológico y el físico. Es cierto que en las actuales circunstancias algunos escritores se esfuerzan por presentar al público temas científicos de gran variedad, preocupándose por comprobar dentro de lo posible, los hechos científicos a que aluden; pero sería interesante investigar cuál debiera ser la actitud de un periódico dispuesto a colocar su sección científica al mismo nivel—o similar—que su sección deportiva.

Se plantea ante todo la cuestión de si debería establecerse una sección periódica de artículos referentes a temas científicos de interés general, a la vez que un servicio de noticias científicas relativas a los últimos descubrimientos, con un comentario documentado. La primera sección — del tipo de los artículos de Ray Lankester — es relativamente fácil, porque puede escribirse con cierta holgura y, si se le encomienda a un científico conocido, con positiva autoridad. Ofrece notorias ventajas el confiar la redacción de estos artículos a un colaborador regular, ya que éste llega a familiarizarse con el público, estableciéndose entre ambos cierto lazo de intimidad que les ayuda a comprenderse. Claro está que los colaboradores regulares pueden ser más de uno. Esto es, en realidad, lo aconsejable, puesto que un hombre solo no puede cubrir eficazmente las dos grandes ramas de la ciencia. Tampoco deben excluirse

las colaboraciones extraordinarias de algunas autoridades especializadas.

El director de periódico tiene, por lo común, escaso conocimiento del mundo científico, y su elección acertada de estos colaboradores científicos regulares, indispensables para el éxito de la sección, es una de las materias en que deberá buscar consejo autorizado. Por otra parte, la cuestión relativa a la manera de proveerse de las últimas noticias científicas plantea el problema del tipo de personal requerido por un periódico progresivo. No hay duda de que es indispensable un consejero ajeno a la redacción del periódico, un destacado hombre de ciencia que actúe en el mundo científico; pero no es menos necesario un periodista profesional, con cierto entrenamiento científico, como jefe del personal permanente de esa sección. Uno de los problemas para un director concienzudo es el de determinar si los informes que llegan a la redacción significan avances reales, logrados por investigadores de prestigio, o si son simples fantasías propagadas por hombres o empresas que tienen el deseo de hacerse notar, sugiriendo al profano que han descubierto algo positivamente nuevo y sensacional. Para formar un juicio exacto sobre tales temas, sin dejarse aturdir por la fanfarria, se requiere una larga experiencia de las zonas sospechosas, de los aventureros sin escrúpulos y de los entusiastas más o menos dementes, así como de la respetable sociedad de la ciencia auténtica. Generalmente, sólo un hombre de reconocida reputación científica y de plena confianza en sí mismo puede formar un juicio rápido en tales materias. Esto, por lo que se refiere al lado negativo, que no desdeñará quien haya advertido las cosas que se hacen pasar a veces como novedades científicas en periódicos serios. Por lo que respecta al lado positivo, los informes cablegráficos desde fuentes intachables se transcriben a veces con poca exactitud, y en esto un consejero autorizado a quien se pueda consultar por teléfono es de gran utilidad. En asuntos especializados, se requiere la garantía de una autoridad, aun en el caso de que el trabajo no vaya firmado, como suele ocurrir en Gran Bretaña.

Las noticias científicas procedentes de fuentes dignas de confianza — y hoy la mayor parte de las organizaciones científicas estatales publican excelentes informes, concisos, claros y autorizados — pueden ser convenientemente manejadas por el redactor científico del periódico, si es un hombre pertrechado para la tarea: un hombre científicamente entrenado, con profunda cultura y amplios conocimientos personales en el mundo científico, que haya hecho de este tipo de periodismo su carrera. Habrá de ser también capaz de escribir excelentes relatos sobre los establecimientos abiertos al visitante, sobre conferencias científicas, sobre asambleas del género de la que celebra anualmente la *British Association* y sobre otros temas parecidos. Tendrá a su disposición reputados especialistas, a los que pueda consultar en caso de duda y, aleccionado por la experiencia, sabrá seleccionar con facilidad todo aquello que pueda resultar interesante e inteligible. En el caso ideal, cuando cuenta con el apoyo de dos consejeros de prestigio, ajenos a la redacción, el periodista científico podrá hacer mucho más que eso, aunque no se le puede exigir que se pronuncie autorizadamente en ciertos problemas relativos a la astronomía estelar, rayos cósmicos, energía atómica, antibióticos y herencia, por ejemplo.

Tendrá que pasar mucho tiempo antes de que los directores y administradores de la prensa diaria se decidan a dedicar a la ciencia una décima parte del espacio y los fondos que hoy consagran al deporte. Acaso no tengamos nunca esa fortuna. Sin embargo, si se afronta alguna vez en serio el problema de la publicación de las noticias científicas en la prensa, habrá que tomar en cuenta algunos de los puntos que hemos expuesto, cualquiera que sea la decisión final que se adopte.

Las grasas de las semillas y frutos vegetales

T. P. HILDITCH

Las grasas del pericarpio y de las semillas vegetales consisten principalmente de mezclas de glicéridos de ácidos grasos cuya especificidad se estudia en este artículo. Los ácidos oleico y linoleico (insaturados) y el palmítico (saturado) predominan en la mayoría de las familias vegetales: éstas se estudian en términos generales, según la proporción en que se hallan presentes los ácidos. En otras familias descritas, las grasas seminales contienen ácidos menos comunes, especialmente el linolénico y los análogos monoetenoides del ácido oleico. Posibles explicaciones del mecanismo de síntesis de los ácidos grasos seminales a partir de hidratos de carbono. Correlación entre el contenido de ácidos grasos de los aceites de semilla y el clima en que se había desarrollado la planta.

Las grasas o lípidos presentes en los órganos y tejidos de reserva alimenticia de las plantas y animales incluyen muchos tipos distintos: los ésteres del alcohol glicerol trihídrico (glicéridos), ésteres de alcoholes de cadena larga y alcoholes esteroides (éster-cera), compuestos de ácidos diacil-glicerofosfóricos con colina o β-aminoetilalcohol y, a veces, carbohidratos (fosfolípidos) y otras substancias más complicadas, tales como la esfingomielina. Los derivados grasos almacenados en las diversas partes del animal y en las semillas vegetales como material de reserva son casi siempre glicéridos, esto es, ésteres de glicerol con tres grupos de ácidos grasos de cadena larga:

$$\begin{array}{l} CH_2.O.CO.R' \\ | \\ CH.O.CO.R'' \\ | \\ CH_2.O.CO.R''' \end{array}$$

Los grupos acilos R′, R″ y R‴ pueden ser idénticos, pero son generalmente diferentes. Por lo común, la distribución de la mezcla de ácidos grasos en una grasa natural sugiere la idea de que todo ácido procura estar presente en el mayor número posible de moléculas de glicérido. Así, hasta que un ácido dado, *v.g.*: palmítico u oleico, forma las dos terceras partes o más de todos los ácidos presentes en una grasa, es poco usual hallar una proporción elevada de triglicéridos en los que sólo participe un único ácido, *v.g.*: tripalmitina o trioleína. La cantidad de glicéridos que contienen un grupo ácido dado alcanza su máximo cuando dicho ácido forma un tercio del total de ácidos grasos de una grasa; y la cantidad de glicéridos que contienen dos grupos del mismo ácido alcanza su máximo cuando dicho ácido forma dos tercios del total de ácidos grasos. Sin embargo, como esta distribución de los ácidos en las moléculas de glicerol no tiene un carácter completo matemáticamente en las substancias naturales, ambos máximos se aproximan sólo a un 85–90% del total de grasas. Algo antes de que un ácido graso dado forme una tercera parte del total de ácidos, comienzan a aparecer glicéridos que contienen dos grupos de tal ácido, y, asimismo, antes de que forme dos tercios del total de ácidos en una grasa, comienzan a aparecer glicéridos que contienen tres grupos del ácido. Después de dicho punto aun persisten reducidas y decrecientes cantidades de glicéridos que sólo contienen un grupo del ácido.

La forma de distribución de un ácido graso en los glicéridos naturales tiene pues un carácter esencialmente selectivo, aunque a veces produce una mezcla heterogénea de glicéridos mixtos. Lo cual no resulta de la reunión fortuíta de los ácidos en glicéridos, según la ley de probabilidades matemáticas; cada ácido parece competir individualmente por su lugar en las moléculas de triglicérido de la forma que se ha indicado en el párrafo anterior. El resultado es evidente en las pocas grasas que sólo contienen dos o tres ácidos grasos componentes. Por ejemplo, la manteca de cacao, cuyo contenido ácido consiste de un 25% palmítico, 35% esteárico y 40% oleico, contiene menos del 1% de glicéridos trisaturados, cuyos principales componentes son aproximadamente 80% de glicéridos oleo-disaturados (55% oleopalmitoestearina y 25% oleodiestearina) y un 20% de dioleoglicéridos (palmitodioleína y estearodioleína). Sin embargo, muchas grasas contienen cinco, seis y más ácidos grasos en proporciones comparables, y aunque los mismos principios se aplican claramente en dichos casos, el resultado final es una mezcla mucho más heterogénea de glicéridos mixtos que

automáticamente tienden, según aumenta el número de ácidos grasos componentes, a aproximarse al que puede deducirse según la ley de probabilidades en una distribución fortuíta.

Por lo tanto, con pocas excepciones, la estructura glicerídica de una grasa depende sólo de la proporción entre sus varios componentes grasos, siendo independiente del tipo particular de ácido graso en ella presente. Por otra parte, el tipo y proporción de los ácidos grasos difieren notablemente en las distintas grasas naturales, siendo de gran interés el estudio y comparación de las diferentes mezclas de ácidos grasos que se encuentran en las grasas vegetales y animales. La determinación de la proporción entre los distintos ácidos grasos que forman el total de ácidos grasos combinados en una grasa natural es un largo proceso, pero se han estudiado en los treinta años últimos una gran variedad de mezclas de los presentes en los glicéridos vegetales y animales. No nos proponemos describir aquí los métodos desarrollados para dicho propósito, lo que puede hallarse con gran detalle en otro lugar [1]; es suficiente decir que las mezclas, a menudo complejas, de los ácidos grasos se resuelven primeramente en mezclas más simples, bien aprovechando la diferente solubilidad de sus sales de plomo y litio en disolventes orgánicos apropiados, o bien, según métodos más recientes y eficaces, cristalizando los ácidos mezclados a partir de disolventes apropiados (acetona o éter) a temperaturas entre − 70° C y la atmosférica. Cada grupo de ácidos, en forma de ésteres metílicos, se destila luego en vacío a través de una columna de fraccionamiento, obteniéndose una serie de fracciones estéricas, cada una de las cuales es, por lo común, lo suficientemente simple para poder ser valorada cuantitativamente. Se han desarrollado métodos espectrofotométricos especiales [3] para la determinación de ciertos ácidos di- y tri-etenoides, especialmente los importantes linoleico y linolénico (*Vid. infra*), de las grasas vegetales.

Este tedioso proceso nos ha recompensado no sólo con datos sobre los componentes ácidos de las grasas naturales, sino también revelándonos que su composición se halla estrechamente relacionada con el desarrollo de las especies biológicas y el lugar que ocupa la planta o animal de que se derivan en el sistema evolutivo [4]. En breve, los ácidos de las grasas de las formas acuáticas más primitivas presentan una mezcla de especial complejidad, caracterizada por la presencia de considerable proporción de ácidos polietenoides con 18, 20 y 22 átomos de carbono en la molécula. En las formas más desarrolladas de plantas y animales terrestres, las mezclas de ácidos grasos son por lo general mucho más simples. En la mayoría de las grasas animales, los ácidos palmítico, oleico y, a menudo, esteárico son los componentes principales. En el reino vegetal, la mezcla de ácidos es también por lo común bastante simple, limitándose los componentes principales a los ácidos oleico, linoleico y palmítico; en otros casos puede aparecer en grandes proporciones un ácido graso que no se encuentra en ningún otro sitio en estado natural.

Gracias a la circunstancia de que en las grasas del fruto se halla una mayor variedad de ácidos grasos y también a que este grupo de grasas naturales ha recibido un estudio más detenido que los demás, es interesante considerar en este artículo las mezclas de ácidos grasos características de las grasas del fruto de cierto número de familias y especies botánicas.

GRASAS FRUTALES EN LAS QUE PREDOMINAN LOS ACIDOS OLEICO, LINOLEICO Y PALMITICO

Los ácidos más característicos de las grasas de frutos y semillas son:

Oleico (*cis-n*-octadec-9-enoico)
$$CH_3.[CH_2]_7.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$$

Linoleico (*cis-cis-n*-octadec-9, 12-dienoico)
$$CH_3.[CH_2]_4.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$$

Palmítico (*n*-hexadecanoico) $CH_3.[CH_2]_{14}.CO_2H$

Dichos ácidos existen en diversas proporciones en todas las grasas de semilla, no habiéndose encontrado aún ninguna que no los contenga, aunque a veces su proporción puede ser muy pequeña. Por otra parte, muchas grasas contienen grandes cantidades de los dos ácidos insaturados, aunque en algunas grasas el contenido de ácido palmítico combinado puede aproximarse a una cuarta parte del total de ácidos grasos presentes. De las estadísticas de los ácidos grasos producidos anualmente en un grupo de veinte grasas vegetales, de las que se conoce con bastante exactitud su contenido de ácidos grasos y su producción mundial, Boekenoogen [5] ha concluído que en este grupo la proporción de ácidos oleico, linoleico y palmítico es respectivamente de un 34, 29 y 11%. Aparte de los ácidos láurico (7%), linolénico (6%), mirístico, esteárico y erúcico (3% cada uno), todos los demás sólo alcanzaban un total del 4% del contenido de ácidos grasos.

Es imposible hacer un cálculo aproximado que cubra todo el reino vegetal, pero es evidente que

algunos de los ejemplos usados por Boekenoogen contienen menos ácidos linoleico y oleico que la mayoría de las grasas de simiente. Por consiguiente, es probable que dichos ácidos juntos representen un 80% de las grasas producidas en los frutos, y que el ácido palmítico no alcance a un 10%. Todos los demás ácidos de las grasas seminales vegetales, incluso más de otros veinte ácidos insaturados y otros diez ácidos saturados, probablemente representan el 10%, o algo menos, del total de los ácidos grasos producidos en las semillas vegetales.

En muchas familias vegetales, los ácidos linoleico y oleico son los componentes preponderantes en los glicéridos de la semilla, mientras que el palmítico y el oleico son los más característicos de las grasas presentes en la cáscara de la semilla.

Grasas de la cáscara del fruto.

En número relativamente reducido de frutos, la parte externa o comestible de éstos, mesocarpio, pericarpio, etc., contiene una elevada proporción de grasas; casos comunes son los de la aceituna (*Olea europaea*) y de la palma (*Elaeis guineensis*). Se ha estudiado en detalle la composición de las grasas de unas veinte especies distintas y en todos los casos menos en uno los ácidos palmítico y oleico combinados forman del 75 al 90% del total de ácidos grasos. El otro ácido presente en cantidades significativas es el linoleico, que rara vez excede el 20% y representa a menudo menos del 10% del total de ácidos grasos. La única excepción observada es la de la cera de la mórula del mirto, que es una grasa que se compone de glicéridos de los ácidos mirístico (60% ap.) y palmítico (35% ap.).

Las grasas del pericarpio vegetal varían en consistencia: algunas son aceites líquidos a la temperatura ordinaria (oliva); otras, sólidos pastosos (aceite de palma); otras, substancias cerosas que no se funden a menos de 50° C (sebos vegetales); su punto de fusión no depende de la presencia de ciertos ácidos grasos sino de la distinta proporción de los ácidos palmítico y oleico con linoleico. La Tabla I presenta algunos ejemplos.

TABLA I

Componentes ácidos de diferentes grasas del pericarpio

Especie	*Porcentaje aproximado del peso*		
	Palmítico	*Oleico*	*Linoleico*
Olea europaea (aceite de oliva) ..	10	75–80	7–10
Laurus nobilis (aceite de laurel)	20	63	14
Elaeis guineensis (aceite de palma)	35–43	40–50	7–10
Stillingia sebifera (sebo de) ..	66	30	—
Rhus sp. (sebo de)	75	13	—

La composición de esas grasas no tiene relación aparente con las de su correspondiente semilla (endosperma). Así, mientras el aceite de la almendra de la oliva es muy parecido al ordinario del pericarpio, las grasas de semilla de la familia del laurel contienen grandes cantidades de ácido láurico saturado ($C_{12}H_{24}O_2$), y el aceite de la almendra de la palma también contiene casi un 50% de ácido láurico con cantidades significativas de otros ácidos saturados. Además, el sebo de *Stillingia*, de saturación relativamente elevada, encierra una semilla cuyo endosperma contiene un líquido graso muy insaturado en el cual se hallan presentes no sólo los ácidos linoleico y oleico sino también el linolénico tri-etenoide y un ácido diénico conjugado de la serie C_{10} en cantidades no despreciables.

Familias cuyas grasas de la semilla contienen principalmente ácidos linoleico y oleico.

Este es un grupo muy extenso en el que se hallan numerosas plantas conocidas. La proporción relativa de ambos ácidos varía notablemente en las distintas especies de una misma familia, y aun dentro de una misma especie puede variar de acuerdo con las distintas condiciones climatológicas, pero los tipos de ácidos presentes en las grasas seminales tienen estricta especificidad, con muy raras excepciones, dentro de un grupo determinado de especies vegetales. Probablemente, en la mayoría de las grasas de este grupo, el componente más importante es el ácido linoleico, que excede al oleico; en otros casos, ambos ácidos se dan en proporción casi equivalente; y en una minoría, el oleico excede al linoleico. En todas estas grasas hay además, en proporción del 10 o 12%, ácido palmítico, por lo común acompañado de cantidades aun menores de esteárico y mirístico.

Una gran familia de hierbas anuales (*Compositae*) produce generalmente grasas seminales con un 60% de ácido linoleico en el total de ácidos grasos: ejemplos comunes son el girasol, cardo y achicoria. Otras familias, entre las que se cuentan la viña (*Vitaceae*), la planta del té y la camelia (*Theaceae*), la amapola (*Papaveraceae*), el tabaco, el beleño, el tomate, etc. (*Solanaceae*), el sésamo (*Pedaliaceae*), *Scrophulariaceae* y *Dipsaceae*, así como

los arbustos mayores y árboles tales como el saúco (*Caprifoliaceae*), el roble y el haya (*Fagaceae*), el falso castaño (*Hippocastanaceae*) y el avellano (*Betulaceae*) pertenecen al mismo tipo. En las grasas de la semilla de estos árboles predomina el ácido oleico sobre el linoleico más frecuentemente que en las hierbas anuales.

Familias cuyas grasas de la semilla contienen como componente principal el ácido palmítico además del linoleico y oleico.

Hay otro grupo importante que se asemeja cualitativamente al anterior, pero en este caso la proporción de ácido palmítico es comparable a la de los dos ácidos insaturados, y en algunos casos alcanza al 30% del total de ácidos grasos. Ejemplos notables son los de las familias *Malvaceae* y *Bombacaceae*, en cuyas grasas seminales el ácido palmítico alcanza un 20–25%, el oleico 25–30% y el linoleico 35–50%. Del mismo tipo son *Citrus* y otras especies de *Rutaceae*, la familia del café (*Rubiaceae*), *Combretaceae*, el anís y la magnolia (*Magnoliaceae*), aunque con menos ácido linoleico que en las malváceas. En otras familias (*Anonaceae*, *Anacardiaceae*, *Caricaceae*, *Cucurbitaceae*, *Gramineae*, *Lecythidaceae*, *Apocynaceae*, *Tiliaceae*) la proporción de ácido palmítico es, por lo general, menor; es una cantidad intermedia entre la de las malváceas y las familias de la sección anterior.

Familias cuyas grasas de la semilla contienen grandes proporciones de ácidos linoleico y oleico y otros ácidos grasos de diferente constitución.

En adición al elevado número de familias ya indicadas, en las que los componentes ácidos de las grasas seminales se limitan al linoleico, oleico y palmítico, hay otras (*Vid. infra*) que se caracterizan por la presencia de otros ácidos grasos específicos. Además de éstos, muchas grasas contienen importante proporción de los ácidos vegetales omnipresentes: oleico y linoleico.

El grupo más extenso es aquel en que el ácido linolénico y, a veces, otros tri- y aun tetra-etenoides aparecen en las grasas seminales; en estos casos, los ácidos linoleico y oleico se hallan muy frecuentemente presentes en proporciones significativas y a veces substanciales. Esta categoría incluye notablemente los aceites secantes ricos en linolénico que se dan con gran frecuencia en el lino (*Linaceae*), la salvia (*Labiatae*), el cáñamo (*Moraceae*) y numerosas coníferas, y en algunas especies de *Rosaceae* y *Euphorbiaceae*; en otras especies de estas dos familias aparece el ácido elaeosteárico o el parinárico (*Vid. infra*) en lugar del linolénico.

Cruciferae y *Umbelliferae* producen grasas en las que predominan respectivamente los ácidos monoetenoides erúcico y petroselínico, y las *Leguminosae* se caracterizan generalmente por la presencia de ácidos saturados que contienen 20, 22 o 24 átomos de carbono; pero en todos los casos se hallan presentes asimismo los ácidos linoleico y oleico.

GRASAS DE SEMILLA QUE CONTIENEN ACIDOS TRI- O TETRA-ETENOIDES DE LA SERIE C_{18}

Los ácidos en cuestión son:

Linolénico (*cis-cis-cis-n*-octadeca-9,12,15-trienoico):
$CH_3.CH_2.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

Elaeosteárico (*cis-cis-cis-n*-octadeca-9,11,13-trienoico):
$CH_3.[CH_2]_3.CH{=}CH.CH{=}CH.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

Licánico (4-keto-*cis-cis-cis-n*-octadeca-9,11,13-trienoico):
$CH_3.[CH_2]_3.CH{=}CH.CH{=}CH.CH{=}CH.[CH_2]_4.CO.[CH_2]_2.CO_2H$

Parinárico (*cis-cis-cis-cis-n*-octadeca-9,11,13,15-tetraenoico):
$CH_3.CH_2.CH{=}CH.CH{=}CH.CH{=}CH.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

El acido linolénico es el más abundante de ellos, pero se da en mucha menor cantidad que el linoleico. En las semillas de ciertas especies de pinos, cáñamo, nogal y otros arbustos y hierbas, principalmente en las *Cruciferae*, puede formar hasta el 20–30% del contenido graso total. Se halla presente en mayor proporción en el aceite de linaza y en algunas especies de *Labiatae* (*Ocimum*, *Perilla*, *Salvia*); en *Tetracarpidium* (*Euphorbiaceae*) forma un 67% del total de los ácidos grasos presentes.

Las grandes familias de *Rosaceae* y *Euphorbiaceae* se distinguen en que ciertos géneros dados, y en algunos casos especies, producen grasas en las que abunda uno de estos ácidos polietenoides.

Grasas de la semilla de las Rosaceae.

Las grasas de algunas especies comunes, tales como las numerosas variedades de *Prunus*, sólo contienen como ácidos insaturados el linoleico y oleico. El ácido linolénico también se encuentra, en pequeña proporción, en la semilla de la mora y del espino; en la rosa silvestre y el membrillo (*Cydonia*) puede alcanzar el 30% del total de ácidos grasos. Dos géneros tropicales, *Parinarum* y *Licania*, presentan sin embargo una composición grasa muy excepcional: *P. macrophyllum* y otras especies contienen un 30–40% del ácido elaeosteárico conjugado, junto con linoleico y oleico,

mientras que otras especies, particularmente *P. sherbroense*, parece que contienen los ácidos elaeosteárico y licánico. *P. laurinum* tiene la particularidad de que los ácidos grasos seminales consisten de un 50% del ácido parinárico tetra-etenoide conjugado, con menores cantidades de elaeosteárico. La especie *Licania*, de la que se ha estudiado más detenidamente *L. rigida* (*oiticica*), es asimismo excepcional en que sus semillas contienen una proporción muy elevada del ácido keto-elaeosteárico (licánico); éste es el único keto-ácido observado hasta ahora en una grasa natural.

Grasas de la semilla de las Euphorbiaceae.

Esta familia se distingue también por la gran variedad de sus grasas seminales. Algunos géneros (*Chrozophora*, *Jatropha*, *Joannesia*) elaboran únicamente ácidos linoleico, oleico y otro poco ácido saturado, pero la mayor parte también incluyen el linolénico u otro ácido insaturado. Así, las grasas seminales de la goma (*Hevea*), *Stillingia*, *Aleurites moluccana*, syn. *triloba* y algunas especies de *Euphorbia* contienen un 20–30% de ácido linolénico, elevándose dicha proporción hasta el 65% o más en las grasas de *E. calycina* y de *Tetracarpidium conophorum*.

El género *Aleurites* es notable porque diversas especies suyas, a excepción de *A. moluccana*, rinden grasas en las que un 80% de los ácidos grasos combinados lo forma el elaeosteárico conjugado, en vez del linolénico; las semillas de *A. fordii* y *A. montana* rinden el valioso aceite *tung* (o de madera de China). El ácido elaeosteárico también se halla presente en grandes cantidades en las especies *Garcia nutans* y *Ricinodendron*. Se supone [6] que aunque los ácidos linoleico y oleico se hallan por lo común presentes en semillas que contienen ácido elaeosteárico, éste y el linolénico no se encuentran nunca juntos en la misma grasa.

Finalmente, en el género *Ricinus*, el ácido ricinoleico hidroxi-insaturado forma más del 90% de la grasa seminal. Aparte de la mención [7] de su presencia en *Cephalocroton*, otra euforbiácea, no se ha observado la presencia de este ácido, 12-hidroxi-oleico, $CH_3.[CH_2]_5.CH(OH).CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$, en la semilla de ningún otro género.

GRASAS DE SEMILLA QUE CONTIENEN ANALOGOS MONO-ETENOIDES DEL ACIDO OLEICO

Se habrá observado que los ácidos polietenoides de cadena larga de la serie C_{18} hasta ahora mencionados participan de una característica estructural con el ácido oleico: que la insaturación comienza en el noveno átomo de carbono desde el grupo carboxilo, y que el grupo molecular

$$=CH.[CH_2]_7.CO_2H$$

es común a todos ellos. Esta característica, tanto más notable cuando consideramos que estos ácidos, con el oleico, forman probablemente el 90% de todos los ácidos insaturados contenidos en las grasas de las semillas vegetales, es muy curiosa y debe tener alguna relación con los procesos químicos de sintetización de dichos ácidos a partir de los hidratos de carbono en la planta viva.

Hay sin embargo otros ácidos grasos seminales que presentan una semejanza estructural con el oleico por hallarse presente o bien el grupo ya mencionado o la otra mitad de la molécula de ácido oleico:

$$CH_3.[CH_2]_7.CH{=}$$

Dichos ácidos (con excepción del quinto) son los siguientes:

Miristoleico (*cis-n*-tetradec-9-enoico)
$CH_3.[CH_2]_3.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

Palmitoleico (*cis-n*-hexadec-9-enoico)
$CH_3.[CH_2]_5.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$

cis-n-Eicos-11-enoico $CH_3.[CH_2]_7.CH{=}CH.[CH_2]_9.CO_2H$

Erúcico (*cis-n*-docos-13-enoico)
$CH_3.[CH_2]_7.CH{=}CH.[CH_2]_{11}.CO_2H$

Docos-13,16-dienoico
$CH_3.[CH_2]_4.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_{11}.CO_2H$

Ximénico (hexacos-17-enoico)
$CH_3.[CH_2]_7.CH{=}CH.[CH_2]_{15}.CO_2H$

Luméquico (tricos-21-enoico)
$CH_3.[CH_2]_7.CH{=}CH.[CH_2]_{19}.CO_2H$

La presencia de ácidos de un contenido carbónico mayor del hexadecenoico parece hasta ahora hallarse limitada a dos familias vegetales y a otra especie rara en el caso de los ácidos C_{20} y C_{22}, y a una especie única en los ácidos C_{26} y C_{30}.

Por otra parte, el ácido hexadec-9-enoico se halla tan ampliamente distribuído como el oleico mismo [8], pero en las grasas seminales de la vegetación terrestre, con una única excepción, aparece sólo en proporciones del orden, cuando más, de un 0,5%. Se halla presente en cantidades más elevadas en los ácidos de las grasas de todo organismo acuático, vegetal y animal, y en menor proporción en las de los animales anfibios y en los lípidos de los animales terrestres. En las reservas grasas de la mayoría de éstos sólo forma un 3% del total de ácidos. La única excepción conocida en el caso de las plantas terrestres es la semilla

del arbusto australiano *Macadamia ternifolia*, de la familia de las *Protaceae* [9], la cual contiene 20% de ácido hexadec-9-enoico, además del 60% de oleico y pequeñas cantidades de ácidos saturados (principalmente palmítico). Es la única grasa de una protácea que se haya estudiado hasta hoy, y existe por tanto la posibilidad de casos semejantes en esta o en familias afines.

El ácido tetradec-9-enoico o miristoleico se halla asimismo presente como componente secundario en la mayoría de las grasas de origen acuático y de animales terrestres, pero con una sola excepción no se ha encontrado en grasas seminales de vegetación terrestre. La excepción es *Pycnanthus kombo*, de las *Myristicaceae*, cuyas grasas contienen casi un 30% de ácido tetradec-9-enoico, formando el resto el ácido mirístico principalmente [10]. En otras grasas de la misma familia este ácido es un componente importante (*Vid. infra*) pero no va acompañado de su análogo insaturado.

Tres ácidos de la lista anterior son característicos de todas las grasas seminales de las *Cruciferae*, siendo el erúcico el mejor conocido, ya que forma casi el 50% del total de ácidos en las semillas de la mostaza, la nabina y otros aceites de *Brassica*, y casi otro tanto en otras semillas de las familias estudiadas (*Cheiranthus*, *Eruca*, *Isatis*, etc.). Los ácidos eicos-11-enoico y docos-dienoico acompañan al ácido erúcico en menor cantidad (5–8%), y los restantes son principalmente el linoleico, algún oleico y linolénico y una proporción muy reducida de palmítico. La presencia de pequeñas cantidades de ácido eicos-11-enoico en simiente de crucífera no fué descubierta hasta 1946, cuando Hopkins [11] lo encontró en *Conringia orientalis*. Poco después mis colaboradores [12] lo hallaron en los aceites seminales de la nabina y la mostaza, probándose que siempre acompañaba al ácido erúcico una pequeña proporción del docos-13,16-dienoico. Se observará que el ácido diénico C_{22} tiene exactamente la misma relación estructural con el erúcico que el linoleico con el oleico.

Unos diez años antes se había observado [13] que los ácidos eicos-11-enoico y erúcico eran los principales ácidos grasos de la porción lípida de la semilla de un arbusto, *Simmondsia californica*, de la familia de las *Buxaceae*. Dicha substancia tenía la particularidad, única en un constituyente seminal, de ser una cera y no una grasa; los ácidos grasos se combinan, no con glicerol, sino con una mezcla de alcoholes mono-etenoides de cadena larga, eicos-11-enol y docos-13-enol, estrechamente relacionados estructuralmente a ambos ácidos.

El ácido erúcico es además el principal constituyente de los glicéridos de la semilla de *Tropaeolaceae*; la grasa seminal contiene más del 80% del mismo y, por consiguiente, un 40% o más del simple glicérido trierucina [14].

Los dos ácidos restantes de este grupo, ximénico y luméquico, se han descubierto únicamente en la grasa de la semilla de una sola especie, *Ximenia americana*, de *Olacaceae* [15]; ambos pertenecen estructuralmente al mismo grupo que el ácido erúcico, es decir: tienen la fórmula general $CH_3.[CH_2]_7.CH{=}CH.[CH_2]_n.CO_2H$.

GRASAS DE SEMILLA QUE CONTIENEN ACIDOS CON UN GRUPO COMUN $=CH.[CH_2]_4.CO_2H$

Un grupo interesante de ácidos insaturados naturales presenta el comienzo de la insaturación en el sexto átomo de la cadena carbónica, en vez del noveno como en el caso del oleico, linoleico y otros ácidos comunes:

Petroselínico (*cis-n*-octadec-6-enoico)

$$CH_3.[CH_2]_{10}.CH{=}CH.[CH_2]_4.CO_2H$$

n-Octadec-6,9,12-trienoico

$$CH_3.[CH_2]_4.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_4.CO_2H$$

Tarírico (*n*-octadec-6-inoico)

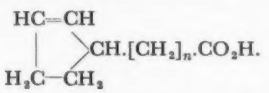
$$CH_3.[CH_2]_{10}.C{\equiv}C.[CH_2]_4.CO_2H$$

De ellos, sólo el petroselínico tiene amplia distribución, apareciendo en cantidades importantes, pero variables, en la semilla de la extensa familia *Umbelliferae*. Abunda más en la grasa de la simiente del perejil (75% del total de ácidos), donde se descubrió primeramente. Parece hallarse limitado casi exclusivamente a las umbilíferas y a la familia de la yedra; aparte de esto sólo se ha mencionado en una o dos especies tropicales raras de las *Simarubaceae*. En ciertas especies de *Picramnia*, de la última familia, las grasas seminales contienen sin embargo grandes cantidades de un análogo acetilénico del ácido petroselínico, denominado ácido tarírico. Es muy rara la presencia de derivados acetilénicos en productos naturales, conociéndose sólo otro caso (*Vid. infra*) en una grasa natural.

Aun no se ha descubierto ácido octadec-6,9-dienoico, correspondiente al linoleico, en grasas seminales, pero la simiente de una única especie (*Oenothera biennis*) contiene, en vez del ácido linolénico acostumbrado, un ácido triénico análogo e isomérico, con insaturación en la posición 6,9,12 en vez de 9,12,15 de la cadena carbónica [16].

GRASAS DE SEMILLA QUE CONTIENEN ACIDOS GRASOS CICLICOS (CICLOPENTENIL)

Algunas especies de *Flacourtiaceae*, principalmente las del género *Hydnocarpus*, producen grasas seminales de valor terapéutico para la lepra y otras infecciones de la piel, debido a su contenido de ácidos cíclicos insaturados en los que la molécula termina en un grupo ciclopenténico:



En otras especies de esta familia dichos ácidos cíclicos no aparecen en la grasa seminal, que contiene sólo la acostumbrada mezcla de linoleico y oleico, y a veces linolénico; todas las grasas seminales de *Flacourtiaceae* parecen contener una pequeña proporción de ácido palmítico.

En las grasas de especies que producen ácidos cíclicos, el hidnocárpico ($C_{16}H_{28}O_2$) y el chaulmoógrico ($C_{18}H_{32}O_2$) son los más abundantes y juntos forman a menudo el 65–80% del total; el górlico ($C_{18}H_{30}O_2$), con un enlace insaturado en la posición 6,7 de la cadena alifática, semejante a la del petroselínico (*Vid. supra*) acompaña generalmente al chaulmoógrico, pero en proporción mucho menor. Dichas grasas también contienen cantidades pequeñas de palmítico y oleico y trazas de un grupo de homólogos del ácido hidnocárpico de un número par más bajo, hasta el simple *ciclo*-pent-2-enil carboxílico $C_5H_7.CO_2H$ [17].

La estructura de los principales ácidos de este grupo es como sigue:

Hidnocárpico $C_{16}H_{28}O_2$
11-*cyclo*-pent-2-enil-*n*-undecanoico

Chaulmoógrico $C_{18}H_{32}O_2$
13-*cyclo*-pent-2-enil-*n*-tridecanoico

Górlico $C_{18}H_{30}O_2$ 13-*cyclo*-pent-2-enil-*n*-tridec-6-enoico

ALGUNOS ACIDOS INSATURADOS ANORMALES DE LAS GRASAS DE LAS SEMILLAS

Quedan algunos casos de ácidos insaturados anormales observados en grasas seminales, generalmente de origen tropical, siendo lógico que haya otros aún por descubrir.

Los ácidos conocidos incluyen los de las series C_{10}, C_{12} y C_{14} hallados [18] en algunas especies de *Lindera* y *Litsea* (*Lauraceae*), con la fórmula general de ácidos dec- (dodec-, tetradec-)-4-enoicos $CH_3.[CH_2]_n.CH{=}CH.[CH_2]_2.CO_2H$. Los aceites extraídos de la semilla de la especie *Sapium* (*Euphorbiaceae*) son excepcionales por contener, además del acostumbrado grupo linoleico-oleico-linolénico, un 5% del ácido conjugado deca-2,4-dienoico, $CH_3.[CH_2]_4.CH{=}CH.CH{=}CH.CO_2H$, con el sistema conjugado adyacente con el grupo carboxilo [19].

Otro ácido notable, esta vez de la serie C_{18}, es el de la simiente de *Onguekoa gore* Engler (*Olacaceae*). Contiene un grupo vinilo terminal y dos acetilénicos, comenzando la insaturación en la posición C_9, la única característica normal en este ácido; no se conoce bien su estructura, pudiendo ser $CH_2{=}CH.[CH_2]_4.C{\equiv}C.C{\equiv}C.[CH_2]_7.CO_2H$ [20].

GRASAS DE SEMILLA QUE CONTIENEN GRAN PROPORCION DE ACIDOS GRASOS SATURADOS

Hemos visto que el ácido palmítico, $CH_3.[CH_2]_{14}.CO_2H$, es componente permanente de las grasas seminales. Otros miembros de la serie alifática saturada normal, con número par de átomos de carbono en la molécula, son específicos de varias familias vegetales, incluyendo: *n*-octanoico, *n*-decanoico (cáprico), láurico ($C_{12}H_{24}O_2$), mirístico ($C_{14}H_{28}O_2$), esteárico ($C_{18}H_{36}O_2$), arachídico ($C_{20}H_{40}O_2$), behénico ($C_{22}H_{44}O_2$) y lignocérico ($C_{24}H_{48}O_2$). Existe una fundamental diferencia entre la presencia de dichos ácidos saturados y la de los insaturados de que hemos tratado hasta ahora. Mientras que los miembros insaturados están casi siempre limitados a los ácidos de un mismo contenido carbónico, cualquier ácido saturado presente en proporción elevada va invariablemente acompañado de proporciones subordinadas de los ácidos con dos átomos de carbono menos y con dos átomos de carbono más que el ácido principal. Así, cuando el ácido palmítico es un componente principal, como en las grasas de la familia de la malva y del algodón, siempre aparecen cantidades subsidiarias de mirístico y esteárico. Aun cuando el ácido palmítico forma sólo el 10% o menos del contenido ácido total, como sucede a menudo, siendo los restantes ácidos insaturados, va generalmente acompañado de pequeñas cantidades de esteárico y, a menudo, de mirístico.

El ácido esteárico es raro como componente principal en las grasas seminales, dándose sólo en algunas familias tropicales, *Guttiferae*, *Dipterocarpaceae*, *Sterculiaceae* y *Sapotaceae*. La manteca de cacao (*Theobroma cacao*) es el caso más común; contiene 35% de esteárico y 24% de palmítico.

En otras grasas, *Allanblackia* y *Garcinia*, de las *Guttiferae*, el esteárico forma más del 50% del total de ácidos, acompañado del 3–5% de palmítico y trazas de arachídico. La proporción de esteárico varía considerablemente en las grasas seminales de dichas familias, pero rara vez baja del 20–25%.

Los tres ácidos saturados naturales, arachídico, behénico y lignocérico, de contenido carbónico más elevado que el del esteárico se hallan casi siempre presentes en forma de mezcla en las semillas de las leguminosas, pero su total es generalmente sólo de unos 6–15%. La presencia de esa mezcla es muy característica de las semillas leguminosas. En algunos casos uno de los ácidos alcanza una mayor proporción: 25% de lignocérico en *Adenanthera*; el arachídico es también el componente ácido más importante de la familia *Sapindaceae*, llegando a formar hasta más de un 30% del total de ácidos. En otras grasas, como las de la especie *Pentaclethra* (*Leguminosae*), o *Lophira* (*Ochnaceae*), el behénico alcanza el 15–20%. La presencia en grandes proporciones de dichos ácidos es esporádica e infrecuente y está limitada a las familias mencionadas.

También es de marcada especificidad la presencia en las plantas de ácidos saturados de contenido carbónico menor que el del palmítico. El mirístico es el componente preponderante en las grasas de las *Myristicaceae* hasta hoy estudiadas, incluyendo la nuez moscada, en la que llega al 70% del contenido ácido. El mirístico y el láurico contribuyen con una cantidad casi igual para formar el 75–85% de los ácidos grasos seminales de los miembros de otras familias, principalmente en *Salvadora* (*Salvadoraceae*), *Erisma* (*Vochysiaceae*) e *Irvingia* (*Simarubaceae*).

El ácido láurico es característico de las grasas seminales de las *Lauraceae*, formando en especies como *Litsea*, *Cinnamomum* y *Actinodaphne* un 90% del total, acompañado en proporciones mínimas por el decanoico y el mirístico. En *Palmae*, familia de extensa distribución y muy diversas clases de fruto, encontramos una cierta e inacostumbrada unanimidad en la composición ácida de las grasas: invariablemente contienen 45–50% de láurico y 15–20% de mirístico, como componentes principales, acompañados del 3–7% de decanoico y octanoico por un lado, o de palmítico y esteárico por otro. Esta familia presenta el ejemplo más notable del fenómeno de especificidad, tanto en la constancia como en la complejidad de la mezcla de ácidos grasos.

El olmo (*Ulmaceae*) tiene la singularidad de que sus semillas contienen gran proporción de glicéridos decanoicos.

BIOSINTESIS DE LOS ACIDOS GRASOS A PARTIR DE CARBOHIDRATOS PRECURSORES

Desde hace muchos años se sabe que las grasas de las semillas vegetales se producen a partir de carbohidratos, probablemente hexosas, pero aún nos faltan datos experimentales sobre el proceso de síntesis. Quizás el estudio del desarrollo de las grasas en las semillas de mayor tamaño sirviese para aclarar dicho problema, pero hasta tanto sólo nos es posible formar conjeturas sobre el mecanismo de sintetización.

Así como el glicerol de las grasas se deriva claramente de los ácidos triosefosfóricos, a su vez derivados de las hexosas sometidas al ataque enzímico, el origen de los ácidos grasos, que con toda probabilidad se sintetizan primeramente en tal forma y se combinan luego con el glicerol, se ha atribuído a la conversión de la hexosa en unidades de C_2 como el acetaldehido o de C_3 como el ácido pirúvico, habiéndose dicho también que era resultado del enlace directo de las unidades de hexosa o pentosa; en cualquier caso, debe producirse a continuación la substitución de los grupos oxhidrilos por el hidrógeno y otras interacciones.

Magnus-Levy [21] y Leathes [22] han favorecido la doctrina de que las unidades de C_2 sufren una serie de condensaciones aldólicas y producen intermediarios que pueden conducir, mediante oxidación y reducción simultáneas, a la serie de ácidos grasos saturados naturales de cadena recta característicos, que siempre contienen un número par de átomos de carbono en la molécula. Esta hipótesis explicaría muy bien la biosíntesis de los ácidos saturados, tanto en lo que se refiere al contenido carbónico par como a la existencia casi universal de más de un homólogo par entre los ácidos saturados de las grasas seminales (*Vid. supra*). El proceso de formación a partir de unidades de C_2 puede alcanzar su máximo con un contenido carbónico dado para cada especie, pero se puede observar regularmente la formación de homólogos pares inmediatamente superiores e inferiores.

Hemos visto, empero, que los ácidos saturados son sólo un rasgo de menor importancia en el conjunto todo de las grasas seminales, y que los ácidos insaturados de la serie C_{18} predominan ampliamente. Si todos los ácidos grasos primarios naturales fuesen saturados, como sugiere la hipótesis anterior, se necesitaría una desaturación muy

selectiva y profunda para explicar la preponderancia en las grasas seminales de los ácidos oleico, linoleico, linolénico y otros insaturados. Lo cual parece un proceso de operaciones muy poco probable, que queda descartado además por la observación bien comprobada de que las semillas de numerosas plantas cultivadas en climas más fríos contienen una proporción más elevada de sus componentes ácidos insaturados: es decir que según la hipótesis de la desaturación, ésta debe ser mucho más intensa cuando la biosíntesis se produce a temperaturas más bajas. Lo cual ha llevado a la conclusión de que los ácidos insaturados más característicos y abundantes pueden producirse mediante un proceso enteramente distinto al de sintetización de los saturados. Esta diferencia de mecanismos de sintetización es lo bastante importante para merecer cierta consideración. Ivanow [23] fué el primero en notar que una cierta semilla (linaza) produce un aceite con mayor insaturación cuando la planta se cultiva en una región más fría. Lo mismo se ha observado en otras especies anuales y a continuación vamos a mencionar algunos estudios recientes sobre los aceites de linaza y de semilla de girasol. La Tabla II ilustra las variaciones extremas observadas por Painter y Nesbitt [24] en una larga serie de estudios de dos variedades de lino cultivado en numerosas regiones de Norteamérica. La Tabla III indica datos semejantes respecto al girasol cultivado en distintas partes de Africa y en semillas africanas criadas en Inglaterra [25]. La Tabla IV muestra la composición del aceite de semilla de girasol de la variedad *Sunrise* [26] cultivado en distintas latitudes en Australia.

TABLA II

Aceites de linaza cultivada en Minnesota, E.U., y Saskatchewan, Canadá

Variedad	*Bison*	*Bison*	*Redwing*	*Redwing*
Localidad	*Minnesota*	*Saskatchewan*	*Minnesota*	*Saskatchewan*
Componentes ácidos (% del peso)				
Saturados	11	9	10	8
Oleico	31	22	23	17
Linoleico	18	15	15	18
Linolénico	40	54	52	57

TABLA III

Aceites de semilla de girasol de plantas cultivadas en Africa e Inglaterra

Origen de la semilla	*Componentes ácidos (% de peso) en aceite de semillas*					
	Cultivadas en Africa			*Cultivadas en Inglaterra*		
	Saturado	*Oleico*	*Linoleico*	*Saturado*	*Oleico*	*Linoleico*
Rhodesia del Sur ..	14	14	72	9	20	71
Tanganyika (Provincia del Sur)	14	21	65	9	22	69
Nigeria (Zaria)	12	30	58	11	15	74
Tanganyika (Kongwa) ..	12	31	57	11	24	65
Tanganyika (Provincia de los Lagos)	13	43	44	9	21	70

TABLA IV

Aceites de semilla de girasol (var. «Sunrise») cultivada en Australia

Estado	*Territorio del Norte*		*Queensland*		*Nueva Gales del Sur*	*Victoria*
Latitud	14½° *S.*		26½°*S.*	27½°*S.*	32° *S.*	36° *S.*
Componentes ácidos (% de peso)						
Saturados	15	13	13	15	15	16
Oleico	54	51	37	30	27	19
Linoleico	31	36	50	55	58	65

Estas y otras observaciones similares parecen afirmar que la formación de los ácidos insaturados es una secuencia estrechamente relacionada de operaciones que pueden indicarse mediante el siguiente esquema:

Carbohidratos precursores de los ácidos grasos.

Linolénico
$$CH_3.CH_2.CH{=}CH.CH_2.\underset{\downarrow}{CH}{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$$
Linoleico ..
$$CH_3.[CH_2]_4.\underset{\downarrow}{CH}{=}CH.CH_2.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$$
Oleico .. .. ..
$$CH_3.[CH_2]_7.CH{=}CH.[CH_2]_7.CO_2H$$

Segun esta hipótesis, la formación de los ácidos menos insaturados a partir de los más insaturados

avanzaría menos en semillas que maduren a temperaturas inferiores. De todos modos, los datos adquiridos sugieren la existencia de dos procesos sintéticos enteramente distintos, uno para la formación de los ácidos insaturados, predominantes y característicos, y otro para la de los saturados.

La repetida presencia del grupo C_3 (=CH. CH_2.CH=) y de secuencias de cadenas saturadas que contienen 6 o 9 átomos de carbono en los ácidos grasos seminales sugiere la idea de que quizás éstos no se produzcan a partir de unidades C_2, sino C_6 [27] o C_3 [28]. Lo cual es sin embargo una remota especulación; la biogénesis de las grasas a partir de carbohidratos continúa siendo un misterio. Quizás podamos ahora vislumbrar que la serie insaturada predominante de ácidos C_{18} se produce por una ruta y los ácidos saturados, típicos pero menos abundantes, por otra. Pero aún nos encontramos lejos de averiguar la causa del fenómeno de la producción ocasional de ácidos insaturados raros, que también pertenecen a veces a la serie C_{18}, y otros que poseen distinto número de átomos de carbono en su molécula, con preferencia al linoleico y linolénico. Lo más interesante de todo — y lo menos conocido — es la causa que explique por qué ciertas especies relacionadas morfológicamente producen las mismas mezclas cualitativas de ácidos grasos seminales, de tal modo que la clasificación de las especies según la constitución ácida de sus grasas seminales produce aproximadamente el mismo resultado que la obtenida en las clasificaciones botánicas de Linneo y sus sucesores.

REFERENCIAS

[1] HILDITCH, T. P. «The Chemical Constitution of Natural Fats». Chapman and Hall Limited, Londres. 2ª edición, 1947.

[2] BROWN, J. B. y STONER, G. G. *J. Amer. chem. Soc.* **59**, 3, 1937.
BROWN, J. B. y SHINOWARA, G. Y. *Ibid.*, **59**, 6, 1937; **60**, 2734, 1938.
BROWN, J. B. y FRANKEL, J. *Ibid.*, **63**, 1483, 1941.
BROWN, J. B. *Chem. Rev.*, **29**, 333, 1941.
HILDITCH, T. P. y RILEY, J. P. *J. Soc. Chem. Ind.*, **64**, 204, 1945; **65**, 74, 1946.
GUNSTONE, F. D. y HILDITCH, T. P. *Ibid.*, **65**, 8, 1946.
HILDITCH, T. P. y PATHAK, S. P. *Ibid.*, **66**, 421, 1947.

[3] HILDITCH, T. P., MORTON, R. A. y RILEY, J. P. *Analyst*, **70**, 68, 1945.
HILDITCH, T. P., PATEL, C. B. y RILEY, J. P. *Ibid.*, **76**, 81, 1951.

[4] HILDITCH, T. P. y LOVERN, J. A. *Nature*, **137**, 478, 1936.

[5] BOEKENOOGEN, H. A. *Oliën en Vett.*, **26**, 143, 1941.

[6] HILDITCH, T. P. y RILEY, J. P. *J. Soc. Chem. Ind.*, **65**, 74, 1946.

[7] HENRY, A. J. y GRINDLEY, D. N. *Ibid.*, **62**, 60, 1943.

[8] LONGENECKER, H. E. *Ibid.*, **56**, 199T, 1937.
HILDITCH, T. P. y JASPERSON, H. *Ibid.*, **57**, 84, 1938; **58**, 187, 1939.
HILDITCH, T. P. *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, **57**, 503, 1938.

[9] BRIDGE, R. E. y HILDITCH, T. P. *J. chem. Soc.*, 2396, 1950.

[10] ATHERTON, D. y MEARA, M. L. *J. Soc. Chem. Ind.*, **58**, 353, 1939.

[11] HOPKINS, C. Y. *Canad. J. Res.*, **24**, *B*, 211, 1946.

[12] HILDITCH, T. P., LAURENT, P. A. y MEARA, M. L. *J. Soc. Chem. Ind.*, **66**, 19, 1947.
BALIGA, M. N. y HILDITCH, T. P. *J. chem. Soc.*, 591, 1949.

[13] MCKINNEY, R. S. y JAMIESON, G. S. *Oil and Soap*, **13**, 289, 1936.
GREEN, T. G., HILDITCH, T. P. y STAINSBY, W. J. *J. chem. Soc.*, 1750, 1936.

[14] HILDITCH, T. P. y MEARA, M. L. *Ibid.*, 1608, 1938.

[15] BOEKENOOGEN, H. A. *Fette und Seif.*, **46**, 717, 1939.

[16] EIBNER, A., WIDENMAYER, L. y SCHILD, E. *Chem. Umschau, Fette*, **34**, 312, 1927.
RILEY, J. P. *J. chem. Soc.*, 2728, 1949.

[17] COLE, H. I. y CARDOSO, H. T. *J. Amer. chem. Soc.*, **61**, 2349, 1939.

[18] TSUJIMOTO, M. *Chem. Umschau, Fette*, **32**, 202, 1925.
TOYAMA, Y. *J. Soc. Chem. Ind., Japan*, **40**, 285B, 1937.

[19] CROSSLEY, A. y HILDITCH, T. P. *J. chem. Soc.*, 3353, 1949.

[20] CASTILLE, A. *Liebigs Ann.*, **543**, 104, 1939.

[21] MAGNUS-LEVY, A. *Publ. Berliner physiologischen Gesellschaft*, No. 5, 1901–2.

[22] LEATHES, J. B. «Problems of Animal Metabolism», John Murray, Londres, 1906.

[23] IVANOW, S. *Ber. dtsch. bot. Ges.*, **44**, 31, 1926.

[24] PAINTER, E. P. y NESBITT, L. L. *Oil and Soap*, **20**, 208, 1943.

[25] BARKER, C., CROSSLEY, A. y HILDITCH, T. P. *J. Soc. Chem. Ind.*, **69**, 116, 1950.
BARKER, C. y HILDITCH, T. P. *J. Sci. Fd. Agric.*, **1**, 118, 140, 1950.

[26] BRIDGE, R. E., CROSSLEY, A. y HILDITCH, T. P. *Ibid.*, **2**, 472, 1951.

[27] FISCHER, EMIL. *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **23**, 2114, 1890.

[28] SMEDLEY, I. y LUBRZYNSKA, E. *Biochem. J.*, **7**, 375, 1913.

BIBLIOGRAFIA

BOEKENOOGEN, H. A. «De Scheikunde der Oliën en Vetten». A. Oosthoek, Utrecht. 1948.

HILDITCH, T. P. «The Chemical Constitution of Natural Fats». Chapman and Hall Limited, Londres. 2ª edición. 1947.

Cybo d'Hyères: un zoólogo del siglo XIV

A. C. CROMBIE

Monje genovés casi desconocido a quien se atribuyen las ilustraciones zoológicas aquí reproducidas. Los dibujos tenían originariamente un propósito decorativo, pero hoy sirven además para arrojar luz sobre los conocimientos botánicos y zoológicos del siglo XIV.

La biología — caso único entre las ciencias — ha estado siempre íntimamente enlazada con las artes pictóricas. Parece que los libros de zoología de Aristóteles contenían originalmente dibujos anatómicos, y ha conservándose hoy una magnífica colección de dibujos clásicos de plantas, en el llamado *Juliana Anicia Codex* de Viena: un texto de Dioscórides con adiciones importantes, escrito hacia el año 512 de nuestra era. Los dibujos de este manuscrito parecen haber sido copiados por un pintor bizantino de los manuscritos primitivos, que se remontan tal vez al propio Cratevas, médico de Mitrídates, del siglo II antes de Cristo [1]. El despertar de la ciencia, después de la Edad de las tinieblas, trajo consigo un renacimiento de las ilustraciones naturalistas, que comenzaron a reaparecer a principios del siglo XII. Entre los ejemplos conservados en las colecciones británicas de este nuevo interés por la observación exacta de la naturaleza misma, ninguno tan notable como la serie de dibujos zoológicos contenidos en los tres fragmentos de fines del siglo XIV, de procedencia italiana, atribuídos al oscuro Cybo d'Hyères. Esos fragmentos (MSS *Additional* 27695 y 28841, y *Egerton* 3127) fueron adquiridos por el Museo Británico en 1867, 1871 y 1934, respectivamente.

Hasta el siglo XIII, lo que más le interesaba de las plantas a la cristiandad occidental eran sus propiedades medicinales, y en los animales su simbolismo para la enseñanza moral y religiosa. Especialmente San Agustín, cuyos escritos fueron tal vez los que ejercieron mayor influencia en la formación de la mente latina antes del siglo XIII, consideraba el mundo natural como un sacramento, como un signo externo y visible de las verdades de la vida sobrenatural. La luna era la imagen de la Iglesia reflejando la luz divina; el viento, un símbolo del Espíritu Santo; el zafiro simbolizaba la contemplación divina, y el número 11, que «traspasaba» el 10 (símbolo de los Diez Mandamientos), era signo del pecado.

Esta preocupación simbólica quedó reforzada por la zoología alegórica del *Physiologus*, trabajo griego de origen alejandrino, escrito en el siglo II (d.C.), en el que se relataban ciertos cuentos de animales para ilustrar algunos puntos de la doctrina de Cristo. El *Physiologus*, que fué traducido al latín en el siglo V, y más tarde a otros muchos idiomas, se convirtió en la fuente de todas las ilustraciones de animales del Occidente.

Al lado de este mundo de símbolos, se estableció la biología científica en el siglo XIII. A principios del siglo XII, un escritor como Adelardo de Bath, que había conocido la cultura árabe, pudo afirmar que, además de manifestar la voluntad de Dios, las cosas tenían una razón natural abierta a la investigación humana. En este punto no hacía sino subrayar otro aspecto de la enseñanza de San Agustín, que había recomendado a los cristianos que vieran en las operaciones ordenadas e inteligibles de la creación un modo de revelarse el Creador. Pero la fuente principal del nuevo renacimiento sistemático de la ciencia fué el conjunto de los textos científicos griegos y árabes, especialmente las obras de Aristóteles, que sólo comenzaron a conocerse plenamente, a través de traducciones latinas, a principios del siglo XIII.

Dentro de la biología científica del siglo XIII destacan por su valor los escritos sobre botánica y zoología de Albertus Magnus. No sólo contienen descripciones exactas de la anatomía externa y los hábitos de muchas plantas y animales, desde los insectos hasta las aves y mamíferos, sino que examinan acertadamente ciertas cuestiones biológicas generales de ecología y reproducción, aportando para su esclarecimiento algunos experimentos sencillos, verificados por el propio Albertus. Aparecen por aquel tiempo otros escritos biológicos igualmente inspirados por el espíritu científico. El escritor Thomas de Cantimpré, de principios del siglo XIII, incluyó en su *De Natura Rerum* todo un libro dedicado a los seres mitológicos, aparte de los libros en los que describía sus propias observaciones; pero el texto y las ilustraciones, realmente admirables, de «El arte de la cetrería» del Emperador Federico II se limitan exclusivamente a los animales reales y

vivos. Varios trabajos biológicos de aquella época se escribieron con fines prácticos. Walter de Henley escribió sobre agricultura, y el tratado escrito sobre este tema por Peter de Crescenzi, a principios del siglo XIV, se mantuvo como texto clásico durante trescientos años. Entre los herbarios, que se proponían principalmente describir las plantas de propiedades medicinales en forma que facilitase su reconocimiento, el trabajo más notable del siglo XIII es el de Rufinus, que ha sido publicado recientemente por Lynn Thorndike. Algunos viajeros mostraron también intensa curiosidad por la fauna de todas clases. El propio Albertus Magnus, cuyos deberes como Provincial de los dominicos alemanes le obligaron a recorrer largas distancias a pie, nos ofrece en su *De Animalibus* una cumplida descripción de la pesca y la caza de la ballena, y de la vida agrícola en Alemania; y el *Konungs Skuggsja* o *Speculum regale* islandés nos describe ballenas, focas y morsas. William de Rubruck y Marco Polo trajeron de Asia descripciones de nuevos seres: de los asnos salvajes de Siberia, de las ovejas de rabo grueso, del arroz y del jengibre.

Debido a la forma en que se copiaban entonces los libros, las ilustraciones insertas en los trabajos botánicos y zoológicos eran frecuentemente copias estilizadas de versiones anteriores, que a veces se remontaban a los tiempos clásicos. Pero desde la época del manuscrito del «Herbario de Apuleyo» [2], escrito en Bury St. Edmunds hacia 1120, los dibujos de plantas fueron tomados directamente de la naturaleza. El MS *Royal*, 12*C* del Museo Británico, de fines del siglo XII, tiene ilustraciones naturales de hormigas y abejas. Desde aquel período, los dibujos y pinturas naturales de seres vivos crecieron incesantemente en cantidad y en exactitud, utilizándose como ilustraciones de los trabajos de biología científica y como adornos que a veces no tenían relación directa con el texto. Respecto al primer grupo, las ilustraciones del «Arte de la cetrería» de Federico II constituyen un ejemplo sobresaliente en el siglo XIII. Los bosquejos de una langosta, una mosca, varios loros, un león «copiado del natural» y otros seres, que aparecen mezclados con estudios en perspectiva y con diseños de máquinas para la guerra y la industria, en un libro de notas del arquitecto francés del siglo XIII, Villard de Honnecourt, eran entretenimientos de la horas de ocio de un agudo observador [3]. En su mayor parte, las ilustraciones realistas de animales hechas en los siglos XIII y XIV tenían una finalidad decorativa. Eran el resultado de una observación atenta y exacta, pero no acompañaban a ningún texto ni servían de apoyo a ninguna exposición científica. Eran de tipo estético más bien que explicativo. En ciertos textos, la observación fiel pudo estar directamente inspirada por el simbolismo religioso, pero el motivo religioso se fué liberando paulatinamente de los símbolos específicos para buscar su expresión en la contemplación del conjunto de la Naturaleza [4]. En los ornamentos naturalistas que destacan en los capiteles, pinjantes y misericordias de las grandes iglesias góticas [5], así como en las orlas ilustradas flamencas y francesas del siglo XV, podemos ver una reproducción exacta de las cosas tales como Dios las hizo, revelándose en ellas. A esta clase de ilustraciones decorativas exactas pertenecen las pinturas biológicas insertas en los manuscritos atribuídos a Cybo d'Hyères.

Los tres fragmentos conservados en el Museo Británico están escritos en pergamino liso, midiendo cada página alrededor de 16 cm × 10 cm. Los MSS *Additional* 27695 y 28841 contienen, respectivamente, 15 y 7 hojas, y el MS *Egerton* 3127, dos hojas. Cada hoja está escrita por ambos lados. Las ilustraciones están ejecutadas en líneas claras, teñidas con colores y pintura dorada. Ciertas alusiones del texto indican que fueron hechas en Génova o sus alrededores [6]. El libro original contenía dos textos latinos, y el esquema de la decoración es diferente en cada uno [7]. El primer texto—al que pertenecen los MSS *Additional* 27695 y el *Egerton* 3127, y la primera hoja del *Additional* 28841 — es un tratado sobre los vicios, escrito por un miembro de la familia genovesa Cocharelli para sus hijos. Los cuentos con que el autor ilustra el tema los atribuye a su abuelo, Pelegrino Cocharelli [6]. La misma autoridad se cita en el segundo texto: una historia de Sicilia en los tiempos del Emperador Federico II (1194–1250), en verso libre *de Cocharellis vir nobilis nomine dictus Pelegrinus* [6]. Este texto se encuentra en el MS *Additional* 28841.

El tratado en prosa contiene una serie de pinturas a toda plana ilustrando el texto, y la mayor parte de las páginas escritas aparecen orladas con dibujos decorativos, que generalmente están separados del texto por una línea dorada. En estas orlas hay círculos que contienen diversas miniaturas, con pinturas de insectos, aves, mamíferos y grutescos. Se utilizan también estudios minúsculos de estos seres para rellenar los renglones. Las aves son las más comunes y están dibujadas con especial maestría, dando incluso detalles que facilitan su identificación (Fig. 3). A veces estas miniaturas compaginan con el tema del texto,

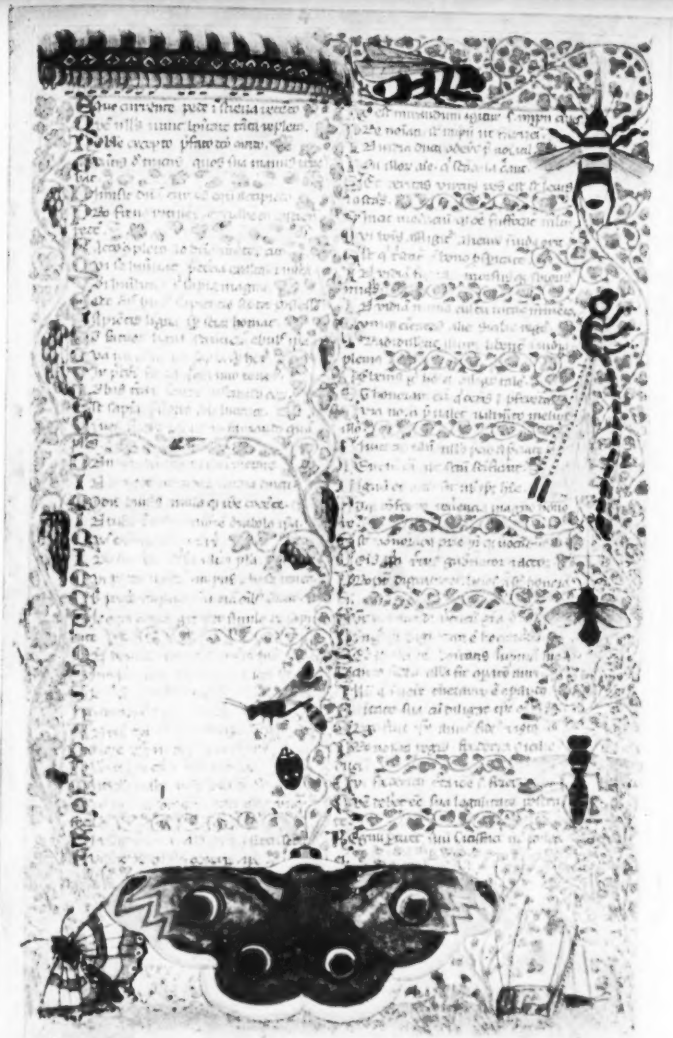


FIGURA 1 – *MS* Additional 28841, *f*.4. *Comenzando por el extremo izquierda de arriba, y siguiendo alrededor del margen de iz. a der.:* 1. *oruga de tipo incierto; tal vez una polilla Lasiocampid;* 2. *probablemente lo mismo que el* 3; 3. *abejarrón,* Bombus ruderatus *Fab.* (?); 4. *libélula;* 5. *polilla Psiquid* (?); 6. *avispa, género* Crabro; 7. *saltamontes sin desarrollar, gén.* Pholidoptera (?); 8. *polilla de «pavo real»,* Saturnia pyri; 9. *mariposa, no identificada. Leyendo hacia el centro:* 10. *avispa icneumónida, gén.* Gravenhorstia; 11. *antreno,* Attagenus pellio.

FIGURA 2 – *MS* Additional 28841, *f*.5. *Comenzando por el extremo izquierda de arriba, y siguiendo alrededor del margen de iz. a der.:* 1. *molusco bivalvo,* Tapes pullastra; 2. *molusco gasterópodo* (?); 3. *molusco bivalvo, gén.* Arca; 4. *nautilo;* 5. *cangrejo marino, gén.* Mithrax; 6. Tapes pullastra; 7. *ermitaño en concha de* Turritella; 8. *cangrejo ermitaño;* 9. *concha festoneada, gén.* Glaber; 10. *concha de* Cypraea lurida; 11. *buccino, caracol marino,* Charonia tritonis; 12. *lepada,* Patella vulgata *o* lusitania; 13. Charonia tritonis; 14. Cypraea moneta; 15. *camarón, gén.* Hippolyte; 16. *langosta, gén.* Homarus *o* Palinurus; 17. *camarón, gén.* Leander. *En el centro:* 18. *langosta, gén.* Homarus.

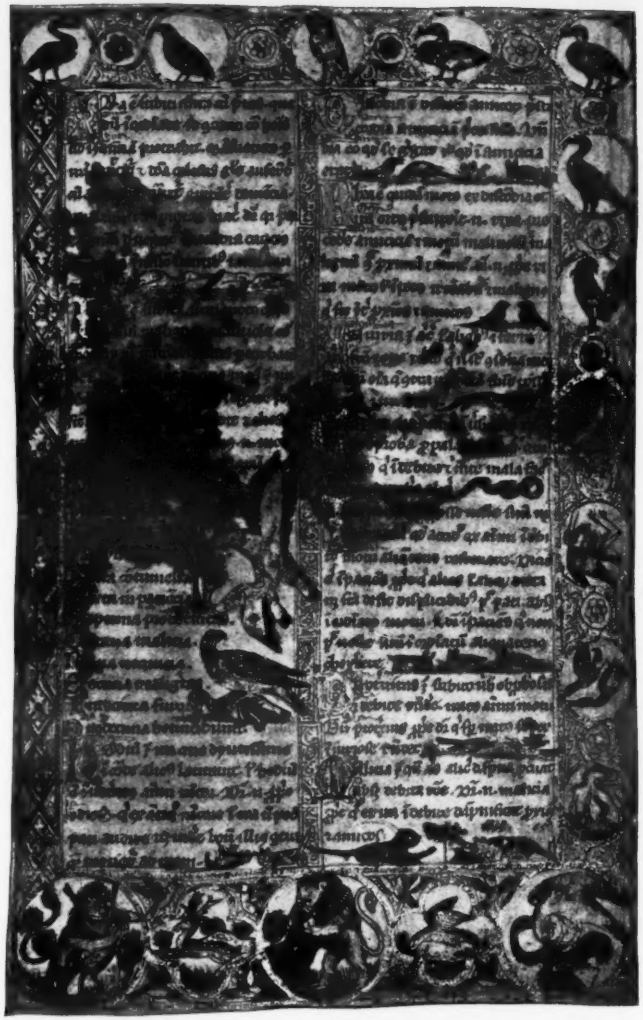


FIGURA 3 – *MS* Additional 28841, *f*.1. *Comenzando por el extremo izquierda de arriba, y siguiendo los medallones de iz. a der. alrededor del margen:* 1. *ganso* (?); 2. *codorniz;* 3. *buho* Athena noctua (?); 4. *pato;* 5. *ganso;* 6. *pavo real* (?); 7. *gallo;* 8. (?); 9. *cigüeña;* 10. *pato grande, posiblemente del gén.* Merganser; 11. *garzota* (?); 12. *águila osífraga* (?) *atacando a un corvejón* (?); 13. *abubilla* (?); 14. *un león luchando con un oso;* 15. *ciervo;* 16. *un león matando a un venado. En las columnas de arriba hacia abajo, al través del texto; a la izquierda:* 17. (?); 18. *un águila matando a una cigüeña;* 19. *un halcón matando a un pato;* 20. *gatitos. A la derecha:* 21. *urracas y un conejo;* 22. *pinzones, posiblemente del gén. «picogordo»;* 23. *lagarto;* 24. *culebra;* 25. *conejos;* 26. (?); 27. *gatitos.*

FIGURA 4 – *MS* Additional 28841, *f*.7v. *Comenzando por el extremo izquierda de arriba, y siguiendo de iz. a der. alrededor del margen:* 1. *dos larvas de mariquitas;* 2. *una araña con una pequeña polilla* (?); 3. *araña;* 4. *lagarto;* 5. *mosca,* Musca (?); 6. *escorpión;* 7. *una araña con una pequeña polilla* (?); 8. *una araña con una mosca* (?); 9. *saltamontes longicornio, gén. Ephippiger;* 10. *cienpiés.*

(Deseo dar las gracias a Mr. N. D. Riley y sus auxiliares en el Museo Británico (Historia Natural); al Dr. J. Smart, al Profesor J. E. Smith, a Mr. H. L. G. Stroyan y al Dr. W. H. Thorpe, por la ayuda que me han prestado para la identificación de los animales ilustrados en estas figuras.)

25. *conejos*; 26. (?); 27. *gallos*.

como, por ejemplo, en el *Egerton* 3127, donde las escenas de matanza y mutilación ilustran una disquisición sobre el vicio de la felonía. Un aspecto notable de las pinturas a toda plana es la marcada influencia oriental, como vemos por ejemplo en la pintura de un Khan tártaro que ilustra el vicio de la gula [8] y en una escena de caza con halcón [6]. Esta influencia puede haberse transmitido a través del gran comercio de Génova con el Oriente [9].

En el tratado en verso, las ilustraciones aparecen todas en las orlas, que no se hallan contenidas en un marco formal. Los ramajes con hojas y frutos, y a veces hierba y agua, se extienden entre las líneas en todo el ancho de la columna. Mezcladas con ellos aparecen pinturas de insectos, arácnidos (arañas, etc.), invertebrados marinos, reptiles y mamíferos. No hay aves. En contraste con las animadas escenas del otro texto, estas ilustraciones son cuidadosos estudios naturales sin ningún acento dramático. Hay una tendencia general a poner juntos en la misma página animales adscritos tradicionalmente al mismo grupo; por ejemplo, cuadrúpedos terrestres, invertebrados marinos (principalmente crustáceos y moluscos) y un grupo de modernos insectos y arácnidos (Figs. 1, 2, 4) [10]. Este último es, sin duda, el grupo predilecto del pintor, que dibuja sus tipos, tanto adultos como orugas, con toda exactitud, sin olvidar las venillas de las alas de los insectos.

Acerca de Cybo d'Hyères, a quien se atribuyen estas ilustraciones, prácticamente no se sabe nada. Ni siquiera es seguro que todas las ilustraciones procedan de la misma mano [6, 11]. No hay duda de que el monje de Hyères era un miembro de la conocida familia de Cibo, o Cybo, de Génova [6, 9, 12]. Vivió a fines del siglo XIV. Parece que se dió a conocer con el nombre de *Monaco delle Isole d'Oro* [13], y es posible que fuese un monje de San Honorato, monasterio de la isla de Lérins o Lerino, situada frente a la costa de Provenza. Se cree que vivió también en una de las islas vecinas de Hyères [14]. La génesis artística del pintor de estos fragmentos es igualmente oscura. No se sabe en qué escuela estudió, ni qué relaciones pudo tener con otros pintores de la Liguria, o con la escuela toscana procedente del Giotto, o con el mundo árabe del Mediterráneo. Su relación más probable con el pasado parece haberse establecido con el pintor que ilustró «El arte de la cetrería», y en la dirección del porvenir se enlaza con el pintor veneciano Andrea Amodio, que completó las ilustraciones del herbario de Benedetto Rinio en 1410, con los miniaturistas flamencos de fines del siglo XV, con Leonardo de Vinci y con Durero. Todos ellos pertenecen a la tradición occidental de la ilustración, sin la que no hubiera sido posible el nacimiento de la biología moderna.

BIBLIOGRAFIA

[1] SINGER, C. *J. Hell. Stud.*, **47**, 5, 1927.

[2] Oxford MS Bodley 130: *cf.* BLUNT, W. «The Art of Botanical Illustration». Collins, Londres. 1950.

[3] HAHNLOSER, H. R. (compilador). «Kritische Gesamtausgabe des Bauhüttensbuches MS fr 19093 der Pariser Nationalbibliothek». Anton Schroll, Viena. 1935.

[4] VINCENT OF BEAUVAIS. «Speculum Majus», Prólogo C.6.

[5] PEVSNER, NIKOLAUS. «The Leaves of Southwell». Penguin Books, Harmondsworth. Londres. 1945.

[6] FLOWER, R. *Brit. Mus. Quart.*, **8**, 128, 1934.

[7] BOND, E. A. y THOMPSON, E. M. (compiladores). «Facsimiles of Manuscripts and Inscriptions». Vol. 3. Palaeographical Society, Londres. 1873–83.

British Museum. «Reproductions of Illuminated Manuscripts». Vol. 4. Pl. XXX, XXXI, Londres. 1928.

FLOWER, R. *Op. cit.*, y British Museum pictorial cards. Serie B, 413.

[8] British Museum. «Reproductions from Illuminated Manuscripts». Vol. 4, Pl. XXX. Londres. 1928.

[9] SARTON, G. «Introduction to the History of Science». Vol 3. Williams y Wilkins, Baltimore. 1948.

[10] CROMBIE, A. C. «Augustine to Galileo». Falcon Press, Londres. 1952.

[11] TOESCA, P. «La Pittura e la Miniatura nella Lombardia». Ulrico Hoepli, Milán. 1912.

Para la discusión sobre un Libro de Horas atribuído a Cybo, véase BRADLEY, J. W. «A Dictionary of Miniaturists, etc.» Vol I. Londres. 1887.

ROSINI, G. «Storia della Pittura Italiana». Vol. II. Pisa. 1848.

THIEME, U. «Allgemeines Lexikon der bildenden Künstler». Vol. VIII. Leipzig. 1913.

[12] BRADLEY, J. W. *Op. cit.*

BALDINUCCI, F. «Notizie de' Professori del Disegno da Cimabue». Vol. I. Florencia. 1845.

SOPRANI, R. «Vite de' Pittori, Sculturi, et Architetti Genovesi». Vol. I. Génova. 1768.

[13] TIRABOSCHI, G. «Storia della Letteratura Italiana». Módena. 1789.

[14] THIEME, U. *Op. cit.*

[15] HERBERT, J. A. «Illustrated Manuscripts». Methuen, Londres. 1911.

El modo de acción de los factores hereditarios

ADOLF BUTENANDT

Formulación de la hipótesis de que los genes que determinan los caracteres externos y hereditarios de la célula actúan por medio de enzimas específicas. Dicha teoría parece encontrar confirmación en las investigaciones bioquímicas descritas, la primera de las cuales estudia la formación de pigmento en el ojo de la polilla de la harina. La pigmentación ocular de un mutante incoloro es resultado de la acción de una kinurenina amino-ácida, substancia producida a partir del triptofán, presente normalmente en el tejido, por la acción catalítica de una enzima específica de un determinado gene. Similaridad del proceso inducido en los pigmentos oculares de *Drosophila*. Breve consideración de la cadena de reacciones químicas involucradas en estos procesos.

El proceso de reacción de una célula viva frente a determinadas condiciones internas y externas depende de su constitución hereditaria, la cual está determinada por la ordenación dentro de su núcleo de los factores hereditarios denominados genes; colectivamente: genome. Dichos genes poseen las siguientes características:

1. Se hallan situados en determinados puntos de los cromosomas.
2. Pueden duplicarse mediante división celular, asegurando así la transmisión de la constitución hereditaria a la célula hija.
3. Son muy estables, pero no totalmente; pueden pasar de un estado estable a otro estado estable. Tales cambios (mutaciones) pueden modificar la constitución hereditaria de la nueva generación.
4. Establecen las características del individuo. Cada gene determina ciertas características externas (fenes) y el genome determina las características del individuo en su conjunto.

Una vez determinada mediante las investigaciones genéticas la función de los genes, corresponde a la bioquímica resolver los problemas siguientes:

1. ¿ Cuál es la estructura química de los genes y en qué forma sirve para explicar la mutabilidad y facultad de reproducción de éstos ?
2. ¿ Cuál es el mecanismo de acción de los genes y por medio de qué cadena de reacciones determinan las características externas del individuo ?

Se han investigado dichas cuestiones durante los diez años últimos, pero hasta la fecha no ha sido posible establecer de una manera general cuáles sean la substancia y estructura de los genes. Sin embargo, los genes van siempre acompañados de ciertas substancias que presentan las propiedades de las nucleoproteínas, siendo muy probable que éstas se hallen estrechamente relacionadas con aquéllos, pues es sabido que toda substancia viva capaz de reproducirse contiene nucleoproteínas.

La aclaración de los procesos metabólicos enzimáticos y el aislamiento de numerosas enzimas específicas condujo a la investigación experimental de la acción de los genes. Ahora sabemos que cada paso en las transformaciones metabólicas que determinan los procesos vitales es posible gracias a la acción de las enzimas específicas. Las investigaciones bioquímicas de la acción de los genes han revelado una estrecha relación entre los factores hereditarios y las enzimas. Los genes actúan por medio de las enzimas, y las pruebas experimentales parecen mostrar que cada gene posee una enzima específica a él asociada. Este dato conduce a importantes conclusiones, que más adelante trataremos.

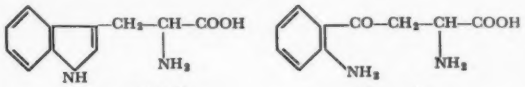
Los métodos y exactitud de este tipo de investigación pueden patentizarse mediante la detallada descripción de una cadena de acciones de los genes: como ejemplo hemos elegido el análisis experimental de la formación de pigmento en el ojo de ciertos insectos. Dichos resultados son producto de la colaboración entre los Institutos «Max Planck» de Biología (A. Kühn) y de Bioquímica (A. Butenandt).

Kühn y su escuela han realizado un experimento de fundamental importancia para las

investigaciones del mecanismo genético. En la raza silvestre de la polilla *Ephestia kühniella*, los ojos de la imago, y los ojos, piel y ciertos órganos de la oruga tienen color castaño oscuro, producido por la formación y acumulación de ciertos pigmentos: los omocromos. Por mutación espontánea de un solo gene puede producirse una raza que se distingue de la silvestre por la ausencia de omocromos. La raza mutada ha perdido hasta cierto punto la capacidad de formar pigmento; los ojos de la imago son rosa, y la oruga no presenta ninguna pigmentación. El gene formador de omocromo de la raza silvestre se designa v^+, definiéndose la mutación como la transición del gene v^+ a su alele v. (En el estudio original, el gene de la raza silvestre se denomina A o a^+ y el gene mutado a. Hemos adoptado las presentes designaciones para unificar esta nomenclatura con la utilizada en la *Drosophila*.)

Si se transplantan los órganos de la raza silvestre a la penúltima fase de la oruga de la raza apigmentada, o si se inyectan extractos alcohólicos acuosos de tejido de v^+, la raza v adquiere la facultad de formar omocromos, produciéndose en la oruga y en la imago la pigmentación normal externa de la raza silvestre. Los tejidos de ésta contienen por tanto una substancia extractable formada sólo bajo la influencia de los genes v^+, la cual se interpone entre el gene y la característica externa. El análisis químico de dicha substancia y el estudio de su relación con los genes, por un lado, y con el pigmento, por el otro, ofrecían pues la primera oportunidad de un análisis experimental del mecanismo de acción de un gene.

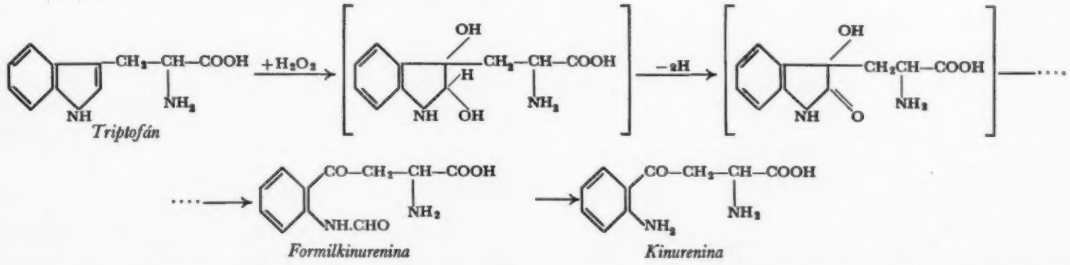
Fué posible probar que la substancia causadora de la formación de pigmento bajo la influencia del gene v^+ es la kinurenina, un amino-ácido ya conocido como producto intermediario en el metabolismo triptofánico de los mamíferos. La kinurenina es *o*-amino-benzoil-alanina (II), y se halla presente en la orina de conejos a los que se haya administrado una cantidad considerable de triptofán (I) durante un régimen alimenticio de arroz. El mamífero puede por tanto transformar el triptofán en kinurenina, facultad que también se ha observado en numerosos micro-organismos.



I. *Triptofán* II. *Kinurenina*

Fijando la relación cuantitativa entre la kinurenina administrada al mutante v de la polilla y el pigmento producido, se puede demostrar que el grado de formación de pigmento no depende de la duración de la acción de la kinurenina, sino que es directamente proporcional a la dosis administrada. Las cantidades de kinurenina absorbida y de pigmento producido son del mismo orden, y puede por consiguiente concluirse que la kinurenina no funciona como un catalizador en el proceso de pigmentación, sino que ayuda en la síntesis de la molécula de pigmento: es un cromógeno. La kinurenina representa pues un eslabón en la cadena de substratos que llevan al pigmento; los omocromos pueden considerarse como derivados del triptofán, y la kinurenina es un intermediario en el proceso que conduce del triptofán a los pigmentos.

Seguidamente se plantea el problema de la relación entre la formación de kinurenina y el gene v^+. En los mamíferos, la degradación del triptofán en kinurenina se produce mediante la acción de la enzima específica triptofán-pirrolasa, localizada en el hígado. Las recientes investigaciones de Knox han probado que dicha enzima combina las funciones de una peroxidasa y una oxidasa, y que el mecanismo de transformación del triptofán en kinurenina, a través de formilkinurenina, es probablemente como sigue:



Puede suponerse que una enzima que corresponda a triptofán-pirrolasa puede catalizar igualmente la transformación de triptofán en la kinurenina cromógena de la raza silvestre de *Ephestia*. Evidentemente, dicha transformación no puede producirse en el mutante v, ya que sus tejidos

carecen de la actividad enzimática de triptofán-pirrolasa, lo cual nos suministra un dato importante sobre la acción del gene v^+: la función de éste consiste en suministrar al organismo el activo sistema enzimático de la triptofán-pirrolasa. La mutación del gene v^+ en v priva a la célula de su facultad de producir la conversión normal y enzimáticamente controlada de triptofán en kinurenina. La pigmentación se detiene porque se impide la formación de kinurenina. Si los mutantes v reciben entonces este eslabón ausente en la cadena de reacciones, la pigmentación se produce en la forma acostumbrada.

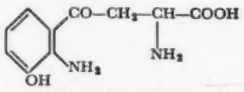
Las pruebas experimentales indican por tanto que el triptofán se debe acumular en los mutantes v, ya que no existe una vía efectiva para su degradación. Y así sucede: el contenido triptofánico en los mutantes v de la polilla es mucho más elevado que en la raza silvestre.

Los omocromos formados a partir de la kinurenina no son uniformes; incluyen las omatinas, sensibles al álcali y de bajo peso molecular, y las ominas, resistentes al álcali y de elevado peso molecular. En *Ephestia*, el pigmento de las células de la retínula y las células pigmentadas subsidiarias del ojo es una omina (scotomina); el principal pigmento de la oruga es una omatina; y las células pigmentadas de la córnea contienen una tercera substancia, la xantomina. Las tres se derivan de la kinurenina y se hallan ausentes en el mutante v, apareciendo simultáneamente después de la inyección de kinurenina. La relación entre estos tres pigmentos distintos y un único gene sirve para explicar un fenómeno general: que un solo gene causa la formación de diversas características. En el ejemplo citado, este fenómeno estriba en que el mismo precursor (kinurenina), producto de la acción del gene v^+, es necesario para la síntesis de los tres pigmentos. Por lo tanto, las fases posteriores de la síntesis pigmentaria deben producirse diferentemente en diferentes células.

Beadle y Ephrussi han obtenido resultados parecidos con la mosca *Drosophila*, cuya coloración rojo oscuro en el ojo de la raza silvestre depende del gene v^+; la mutación de éste a v reduce marcadamente la pigmentación ocular. También en este caso la kinurenina puede reemplazar al gene en su acción.

Un efecto semejante sobre la formación del pigmento ocular resulta en *Drosophila* de la mutación de un segundo gene denominado cn^+, cuya mutación en su alele cn también origina impotencia para la formación de omocromo. Los experimentos de injerto y extracción han probado que el gene cn^+ interviene en una fase posterior del proceso de producción pigmentaria; su acción necesita además la presencia del gene v^+.

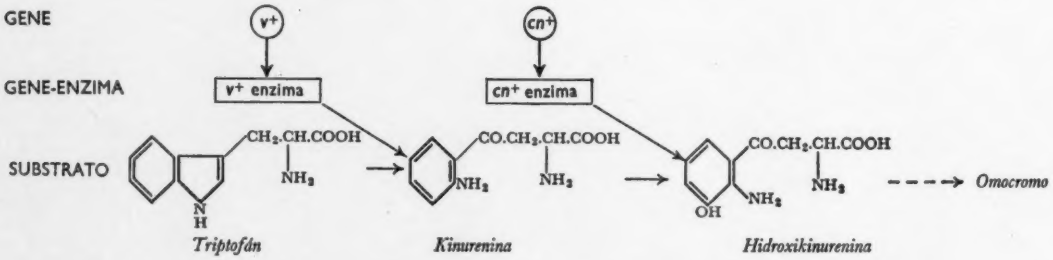
El análisis bioquímico muestra que la acción del gene cn^+ puede ser sustituída por 3-hidroxikinurenina (III), que puede aislarse a base de extractos de pupas de la mosca *Calliphora erythrocephala* y se obtiene en la actualidad sintéticamente.



3-Hidroxikinurenina (III)

La 3-hidroxikinurenina representa otro enlace posterior en la cadena de substratos que une el triptofán al pigmento. Su formación a partir de la kinurenina depende de la acción de una enzima específica que, evidentemente, sólo actúa en tejidos que contengan genes cn^+.

Las teorías sobre el gene v^+ pueden también aplicarse al modo de acción de cn^+. Su presencia permite a la célula separar una enzima activa que transforma la kinurenina en hidroxikinurenina, siendo ahora posible establecer una cadena de acciones genéticas de la manera siguiente:



El diagrama ilustra la forma en que intervienen los genes por medio de enzimas en ciertas fases de las reacciones que conducen a la formación de substratos, así como el modo de actuación conjunta

de diferentes genes para producir la misma característica. La formación de un único fene puede por tanto depender de la presencia de varios genes.

La substancia colorante de los gránulos pigmentarios (producto de la hidroxikinurenina por medio de una reacción aún desconocida pero que probablemente se desarrolla mediante la formación de quinona) se halla encadenada a un portador de proteína que es, en apariencia, esencial en las últimas fases de la síntesis pigmentaria. En las polillas, la formación de dichos gránulos de proteína queda suspendida por una mutación de un gene *wa*+ en *wa*, que interrumpe completamente la formación de pigmento. Los gránulos de proteína, cuya existencia en las polillas *v*+ y *v* puede demostrarse extrayendo el componente pigmentario con disolventes adecuados, no se hallan presentes en las células del ojo del mutante *wa*. Los precursores pigmentarios, especialmente la kinurenina y 3-hidroxikinurenina, se producen en el mutante *wa*, pero no pueden ser utilizados por el tejido *wa*. El estudio de este mutante ha revelado otro eslabón en la cadena de acciones de los genes para la formación pigmentaria. En este punto nos encontramos frente al problema de la estructura: los cromógenos difusibles (kinurenina, hidroxikinurenina) pueden hallarse presentes en todas las células, pero como la formación pigmentaria depende de su unión a una proteína, pueden acumularse exclusivamente en ciertas células y tejidos.

El diagrama presente ilustra la acción combinada de tres genes en la formación pigmentaria, sirviendo de claro ejemplo de la acción complementaria de diversos genes: «En una cadena de acciones genéticas se suceden diversos procesos eslabonados por los genes. Las diversas cadenas se encuentran, por así decirlo, en los cruces de una red de reacciones. En nuestro caso existe una serie de conversiones que conducen del triptofán al precursor pigmentario, que está a su vez enlazado a un gránulo de proteína, y una cadena de acciones genéticas (probablemente de numerosos eslabones) que sintetiza la proteína del portador» (A. Kühn).

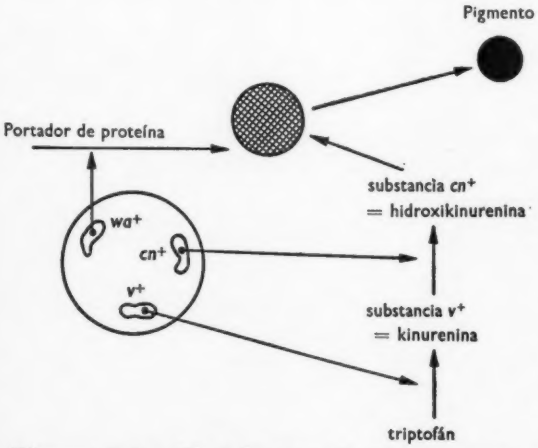


Diagrama de la acción de las genes v+, cn+ *y* wa+ *en una célula ocular formadora de pigmento.* (*A. Kühn.*)

Este análisis de una cadena de acciones genéticas sirve como ejemplo de los métodos de investigación que han arrojado luz sobre el modo de acción de los genes. Tiene también interés histórico ya que representa el primer análisis, tanto en el campo de la genética como en el de la química, de una cadena de acciones genéticas que progresa a través de ciertos estadios intermediarios. Sus conclusiones parecen ser aplicables universalmente, pues se han obtenido resultados semejantes en otros muchos casos.

Entre las investigaciones iniciales de este tipo podemos mencionar el análisis de la formación gene-eslabonada de los pigmentos vegetales a base de antocianina, flavanol y chalcona (Lawrence y Price). La formación pigmentaria en el pelo de los conejos (R. Danneel) se desarrolla de manera semejante a la síntesis de omocromo, aunque los pigmentos formados a partir de diversos precursores son de un tipo químico distinto. Las investigaciones de R. Kuhn y sus colaboradores en el Instituto de Investigaciones Médicas «Max Planck» de Heidelberg sobre la síntesis gene-eslabonada de substancias sexuales en las algas ofrecen otro ejemplo de la intervención de los genes en ciertas fases de los procesos de regulación enzimática. Las notables investigaciones de Beadle, Tatum y sus colaboradores sobre los mutantes del moho *Neurospora crassa* han confirmado la doctrina de que los genes intervienen en los procesos vitales por medio de ciertas enzimas específicas.

Se ha establecido una relación directa e inesperada entre la cadena de acciones genéticas involucrada en la formación pigmentaria en los insectos y el metabolismo regulado genéticamente en *Neurospora*. Se descubrió que dicha especie produce ácido nicotínico — necesario para el metabolismo energético de toda célula — a base de triptofán. Las primeras fases de dicha conversión eran idénticas a la del triptofán en omocromos; en ambos casos el triptofán se convierte en kinurenina por acción genética y luego, por intervención de un segundo gene, en hidroxikinurenina.

En este punto se produce, sin embargo, una diferencia: los intermediarios siguientes que conducen a la síntesis del pigmento y del ácido nicotínico respectivamente son distintos. La hidroxikinurenina representa por tanto una substancia clave de la que bifurcan dos cadenas de acciones genéticas. Ciertas investigaciones recientes (Neuberger) han probado que las ratas también producen ácido nicotínico a partir del triptofán. Hay que concluir, por tanto, que idénticos principios bioquímicos — debidos probablemente a los mismos genes — actúan en una gran variedad de organismos.

Nuestra tesis inicial de que los genes desarrollan su acción por medio de enzimas específicas parece así confirmada. Las relaciones comprobadas entre gene y enzima ofrecen más posibilidades para la elucidación de la acción genética:

1. El gene mismo posee las propiedades de una enzima y cataliza reacciones gene-eslabonadas.
2. El gene origina la enzima, bien como producto primario o secundario.
3. El gene no origina la enzima, pero regula la actividad enzimática mediante la formación, por ejemplo, de activadores o inhibidores específicos.

No parece probable que los genes mismos tengan carácter enzimático. La solución de este problema puede hallarse por tanto en los puntos 2 o 3, y aun es posible que ambos mecanismos actúen juntamente. El futuro análisis experimental ayudará a resolver dicho problema y ampliar al mismo tiempo nuestro conocimiento sobre la naturaleza de los genes.

BIBLIOGRAFIA

[1] BEADLE, G. W. *Fortschr. Chem. org. Naturst.*, **5**, 300, 1948; *cf. Z. Naturforsch.*, **3b**, 63, 1948.

[2] BECKER, E. *Z. indukt. Abstamm.- u. VererbLehre.*, **80**, 157, 1942.

[3] BUTENANDT, A., WEIDEL, W. y BECKER, E. *Naturwissenschaften*, **28**, 63, 1940.

BUTENANDT, A., WEIDEL, W., WEICHERT, R. y VON DERJUGIN, W. *Hoppe-Seyl. Z.*, **279**, 27, 1943.

BUTENANDT, A. «Über die biochemische Analyse einer Gen-Wirkkette der Pigmentbildung bei Insekten». M.Kir. Tisza István-Tudományegyetemi Nyomda. Debrecen, 1943.

BUTENANDT, A., WEIDEL, W. y NECKEL, I. *Hoppe-Seyl. Z.*, **281**, 120, 1944.

BUTENANDT, A. y WEICHERT, R. *Ibid.*, **281**, 122, 1944.

BUTENANDT, A. *Forsch. Fortschr. dtsch. Wiss.*, **21/23**, No. 4, 5, 6, 1947.

Idem. Angew. Chem., **61**, No. 6, 262, 1949.

BUTENANDT, A., WEIDEL, W. y SCHLOSSBERGER, H. *Z. Naturforsch.*, **4b**, 242, 1949.

BUTENANDT, A. y HALLMANN, G. *Ibid.*, **5b**, 444, 1950.

[4] DALGLIESH, C. E., KNOX, W. E. y NEUBERGER, A. *Nature*, **168**, 20, 1951.

[5] DANNEEL, R. *Ergebn. Biol.*, **18**, 55, 1941.

[6] KÜHN, A. «Grundriss der Vererbungslehre», 2ª edición. Heidelberg, 1950.

Idem. Über eine Gen-Wirkkette der Pigmentbildung bei Insekten. *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen.* 231, 1941.

[7] KUHN, R. *Angew. Chem.*, **61**, 1, 1949.

[8] KOTAKE, Y. *Ergebn. Physiol.*, **37**, 245, 1935.

[9] LAWRENCE, W. I. C. y PRICE, I. R. *Biol. Rev.*, **15**, 35, 1940.

Parasitismo, evolución y filogenia

THOMAS W. M. CAMERON

Descripción de la especificidad de numerosas especies parasitarias con relación a un huésped: dicha especificidad es, al parecer, función de la edad evolutiva y de la especialización. Datos sobre la simultaneidad de la evolución de los parásitos y de sus huéspedes. Estudio detallado de la ontogenia y distribución de los esclerostomas. La diferencia de los parásitos característicos de los marsupiales australianos y de la zarigüeya americana parecen contradecir la doctrina generalmente aceptada de que dichos animales se derivan de un antepasado común. Otras especulaciones sobre el origen de los marsupiales.

El parasitismo es un fenómeno antiguo; probablemente ha constituído siempre una parte o condición del plan general de vida de los vertebrados. Sin embargo, su estudio científico, aunque de introducción bastante reciente, ha preocupado enormemente por su importancia económica y por el papel desempeñado por los parásitos como origen de enfermedades. La mayoría de los parásitos, con todo, no son por sí mismos gravemente patógenos; la enfermedad se debe al hombre y, en consecuencia, es reciente. Es evidente que un parásito virulento tiende a la destrucción de su víctima y en último término a la suya propia. Por consiguiente la selección natural se encamina a la eliminación de las especies virulentas y a mantener aquellas otras de escasa virulencia que pueden coexistir con el huésped sin ocasionarle grave perjuicio.

Si bien es verdad que se ha prestado alguna atención a la afinidad entre los ectoparásitos y la filogenia de sus huéspedes, no lo es menos que se ha dispensado muy poca a la de los parásitos internos, sin acertar muchas veces con el punto de verdadero interés. Los parásitos internos son en extremo comunes, y ningún vertebrado, y probablemente pocos invertebrados, se ven libres de ellos. Muchos son animales extraordinariamente complejos, de organizaciones altamente desarrolladas y a menudo muy especializadas. Todos, a su debido tiempo, engendran descendencia que debe abandonar el huésped, permaneciendo por necesidad algún tiempo fuera de él, y acaban por introducirse luego en una nueva víctima. En muchos casos esta fase externa en el ciclo vital obedece a numerosas y rígidas exigencias, con dificultades y peligros formidables al tratar la prole de penetrar en un huésped apropiado. La fase externa a menudo supone el paso a través de un huésped o huéspedes intermedios, y en este caso tales parásitos tienden a la formación de grupos zoológicos, que no se hallan necesariamente relacionados, a pesar de poseer costumbres parecidas. Otros parásitos, con etapas de vida libre, capaces de trasladarse de una parte a otra y de penetrar en la piel de un huésped potencial, tienden a infectar animales que viven en parecidas condiciones de medio ambiente. Los que entran de nuevo en el cuerpo como contaminadores fecales de los alimentos tienden a desenvolverse en un campo más amplio en cuanto a las especies de sus posibles huéspedes.

Muchos de los parásitos más antiguos se han especializado demasiado para dar lugar a mutantes capaces de vivir en nuevas especies. Han agotado su capacidad de adaptarse a otros huéspedes que a los de afinidad muy próxima entre sí. Un parásito, durante sus etapas parasitarias depende de condiciones bioquímicas y biofísicas precisas y esenciales en el animal huésped. Es evidente que los requerimientos fisiológicos del parásito deben permanecer más plásticos que los de su medio ambiente, de lo contrario se extinguiría gradualmente y desaparecería la especie. Sin embargo, como en otros animales, esta plasticidad tiene un límite, tendiendo además a reducirse a medida que la especialización aumenta. Como consecuencia, muchas especies han llegado a ser extraordinariamente específicas en cuanto a su huésped; las hay capaces de vivir únicamente en una especie de animales, y otras en muy pocas especies afines. La parasitología comparada demuestra que esta especificidad para el huésped parece ser función de la edad evolucionaria y de la especialización, de manera que un parásito, cuanto más específico sea para el huésped, tanto más parece divergir de su rama filogenética original. No puede divergir sino dentro de su huésped, el que a su vez puede separarse más o menos simultáneamente de

su rama original. El examen de estos parásitos específicos debe, por consiguiente, tener gran importancia en la determinación de las afinidades del huésped y ser complemento de los datos paleontológicos.

La especificidad parasitaria es una característica fisiológica, pero hasta el presente, el único método seguro para reconocer su existencia es partir de los caracteres morfológicos; criterio que por otra parte no satisface por completo. Es evidente que los huéspedes afines propenden a tener parásitos afines, pero esta afirmación está sujeta a excepciones particularmente visibles entre animales de costumbres parecidas, y existe a veces en los parásitos una especie de evolución convergente, un poco análoga a la observada en los huéspedes. Teniendo esto en cuenta, queda todavía un número considerable de formas filogenéticas de parasitismo específico, especialmente entre los protozoos esporozoarios, platihelmintos y ciertos grupos de nematodos; formas que aparentemente han evolucionado *pari passu* con el huésped. Muchas de estas pruebas corroboran las ideas modernas acerca de la afinidad de los vertebrados. De este modo, los parásitos del paludismo (*Plasmodium* spp.) se encuentran en los reptiles y aves, en los insectívoros y en numerosos primates, y alguna vez en los roedores, pero, a excepción de algunos casos evidentes, no se hallan en otro mamífero. Su mayor incidencia se da en las aves — los modernos representantes de los dinosauros — y parece muy probable que fuesen originariamente parásitos reptilianos en el período mesozoico, que pudieron sobrevivir únicamente en la rama de los mamíferos que ha llegado por evolución a los modernos primates.

Una situación parecida existe en las filarias (*Oxyuridae*). Haciendo caso omiso de las especies claramente aisladas de los equinos, dichos nematodos quedan confinados a los primates, conejos (*Leporidae*), roedores, reptiles y anfibios, con dos géneros muy especializados: la zarigüeya americana (*Didelphinae*) y los cobegos (colugos o makíes voladores) (*Cynocephalus*). A pesar de que, en general, se conviene en la evolución de los parásitos del paludismo [1, 2], hay una indicación clara de que las filarias tienen un origen más primitivo aún que los vertebrados, porque se encuentra un grupo distinto pero afín en los ciempiés e insectos, especialmente escarabeidos y cucarachas. Aparte de sus requerimientos fisiológicos especializados y sus ciclos vitales, todas las filarias tienen gran parecido con los nematodos que viven libres, y las especies de los artrópodos puede que sean más bien una manifestación evolucionaria, separada en el Mesozoico medio, que no la descendencia de un antepasado común de las que viven en la actualidad en los vertebrados.

Algunos ejemplos aun más interesantes los encontramos entre nematodos bursados (*Strongylidae*), grupo que comprende el anquilostoma humano y que recibe este nombre por la estructura en el extremo posterior del macho. En alguno de estos nematodos, el extremo se halla modificado para formar una ventosa, utilizada para alimentarse sobre los tejidos, de ordinario la mucosa intestinal. Los anquilostomas viven en el intestino delgado, pero los hay también en el intestino grueso de un gran número de animales que se apacientan en el campo, constituyendo una familia afín (esclerostomas por nombre) a causa de la gran ventosa bucal de sus individuos más conocidos, que se hallan en el caballo.

Todos los esclerostomas tienen una ontogenia parecida: la hembra pone millares de huevos que empollan fuera del cuerpo, dando lugar a larvas que se alimentan y viven libremente; después de algún tiempo experimentan una muda, dejan de crecer y permanecen más o menos estacionarias hasta que son deglutidas. Si una larva se introduce en un huésped apropiado, resume su crecimiento y se desarrolla hasta alcanzar su completa madurez. Los peligros de un ciclo vital de tal complicación son enormes, y el número de huevos puestos por la hembra debe ser, en consecuencia, muy grande. De hecho, la probabilidad de que un huevo complete satisfactoriamente su historia vital es inversamente proporcional al número total de huevos puestos. Estas enormes cifras, por tanto, aumentan la potencialidad de la aparición de mutantes, y la mayoría de los animales infestados por los esclerostomas contienen una buena cantidad de especies de afinidad muy próxima.

Estos gusanos presentan una distribución muy curiosa en sus huéspedes [3, 4]. Su variedad y abundancia es mayor en los elefantes, (*Loxodonta* y *Elephas*), en los equínidos y rinocéridos (*Rhinoceros*, *Ceratotherium*, *Diceros*) y en los marsupiales australianos [5]; no se da ninguno en las zarigüeyas americanas. Encontramos dos especies en el tapir americano (*Tapirus*) que pertenecen a géneros hallados en elefantes y rinocerontes; sin embargo, no existe ninguno en el tapir asiático. Un género más bien aislado (*Eucyathostomum*) se encuentra en el pecarí sudamericano (*Tayassu*), el ciervo (*Mazama*) y el agutí o guatuza (*Dasyprocta*), con especies separadas en cada huésped. No encontramos ningún otro esclerostoma ni en

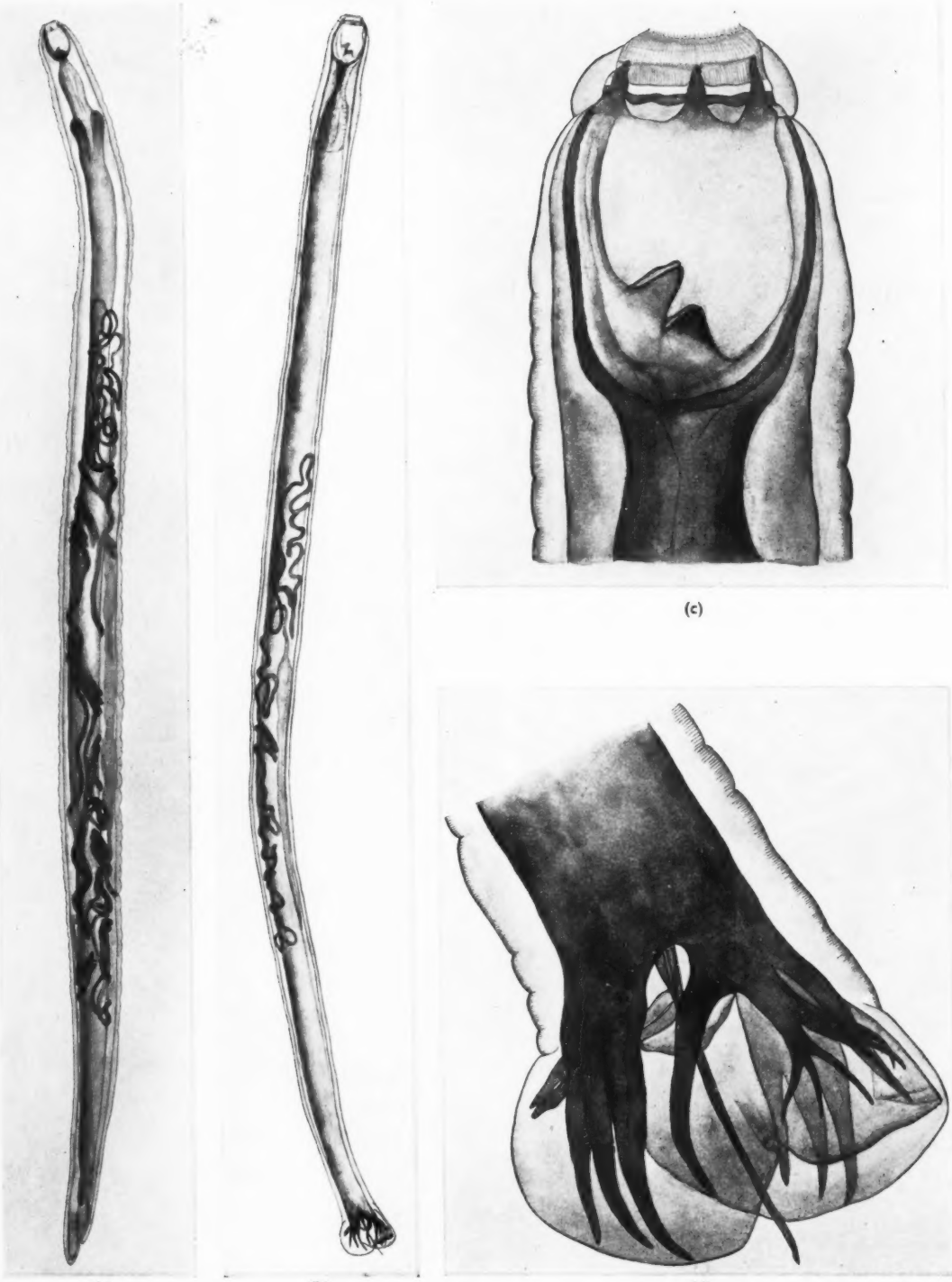


FIGURA 1 – Strongylus equinus, *esclerostoma típico del caballo.* (a) *Hembra completa* (× 6). (b) *Macho completo* (× 6). (c) *Extremo de la cabeza, mostrando la cápsula de la boca, que se adhiere por succión a la membrana mucosa y por cuyo medio el oxiuro se alimenta del tejido* (× 50). (d) *Bolsa o cápsula del macho, carácter sexual extraordinariamente típico, del que procede la denominación de todo el grupo de nematodos bursados* (× 50).

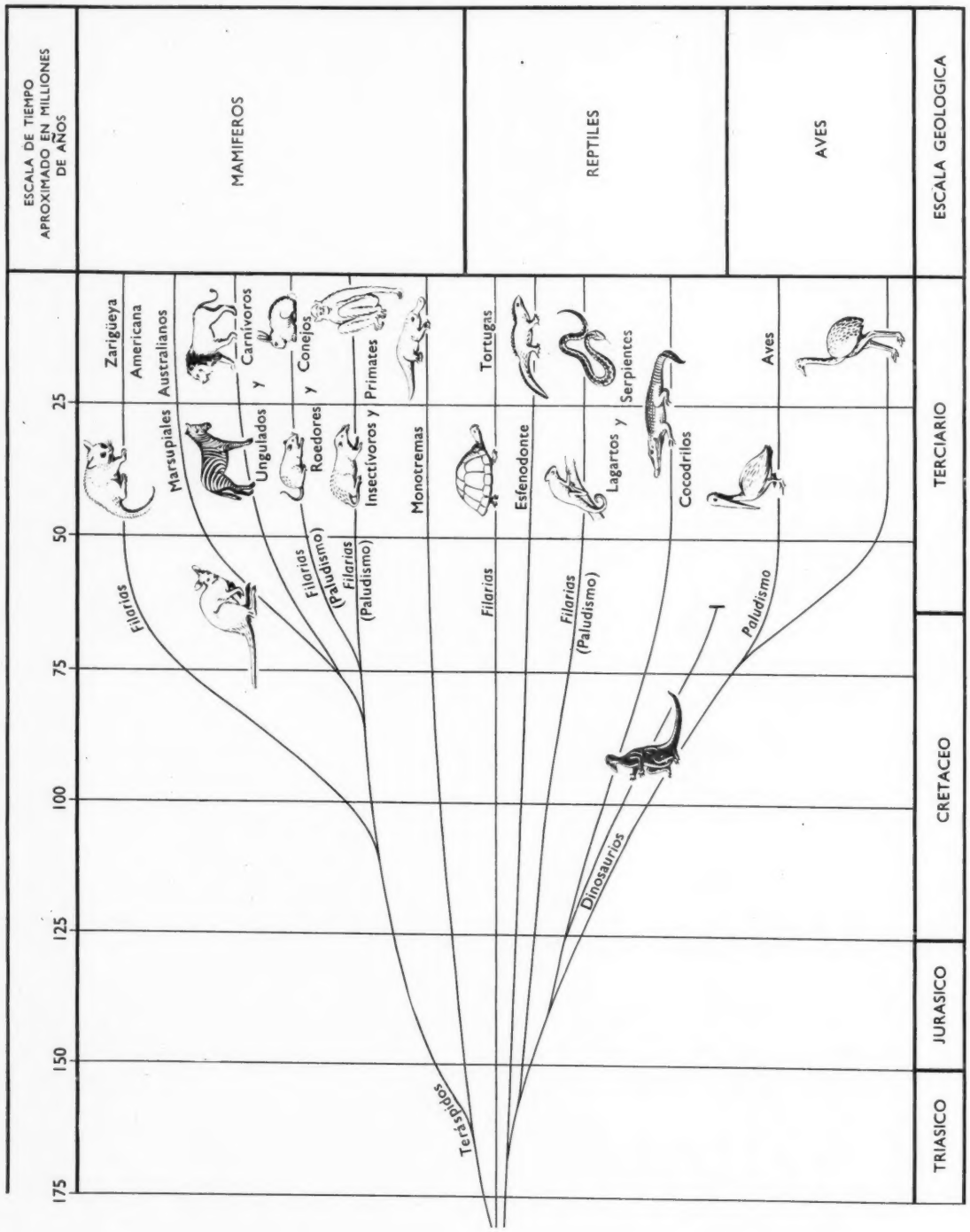


FIGURA 2 – *La evolución y parentesco de los grupos principales de vertebrados indicados por sus parásitos.*
(La escala geológica la clasificación de vertebrados son las de Young y Simpson, respectivamente.)

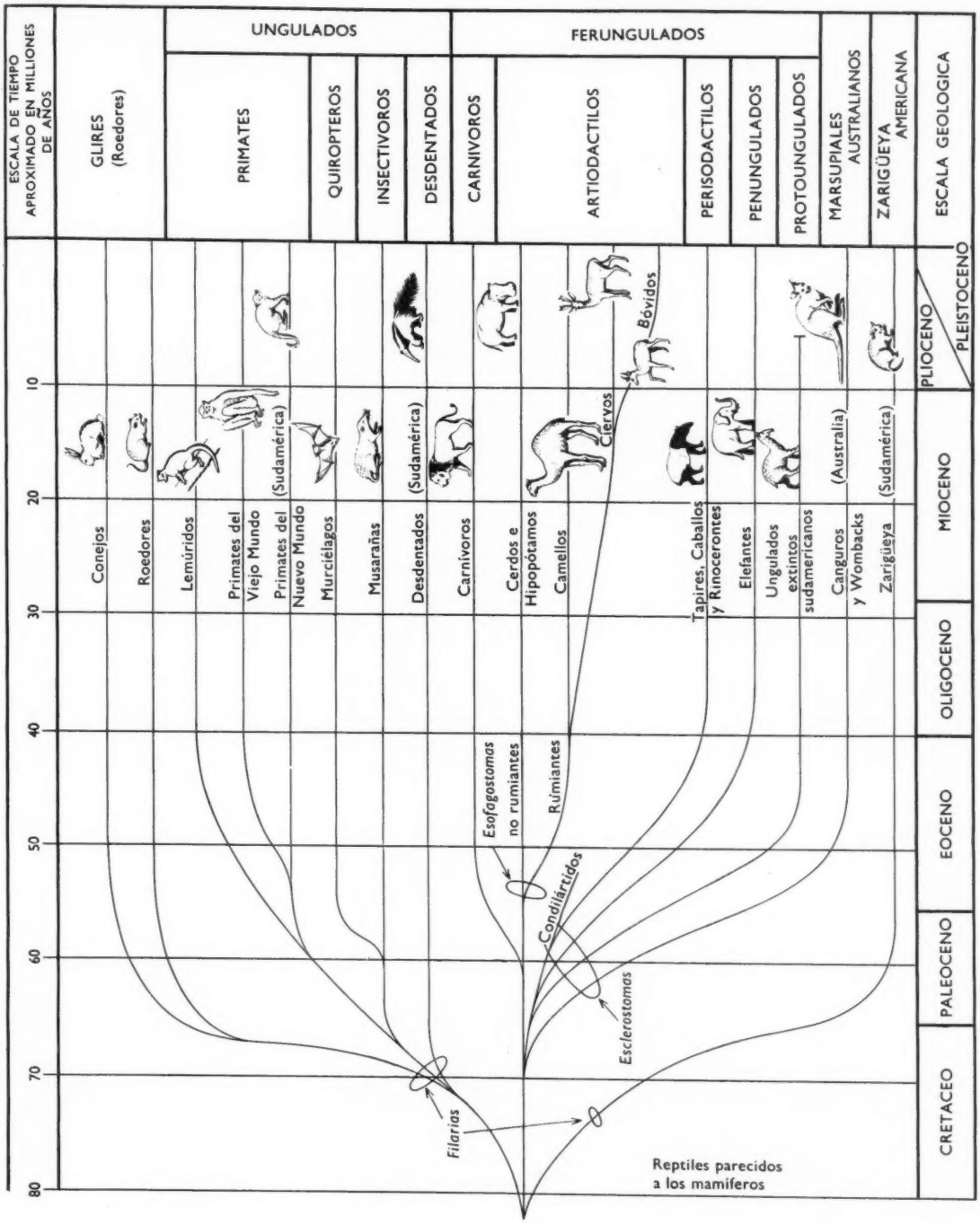


FIGURA 3 – *Evolución y parentesco de los grupos principales de mamíferos, indicados por sus parásitos.*

los artiodáctilos[1] ni en los primates, pero un grupo distinto y probablemente más moderno, el de los esofagostomas, existe en ambas Américas y en el Viejo Mundo. Varias especies de esclerostomas de afinidad muy íntima son comunes en el avestruz y en su representante sudamericano, pero ninguna en las otras aves; tres especies, también afines, se encuentran en las tortugas sudamericanas (*Testudo*), pero no se menciona ninguna en otros reptiles.

Como resultado de estos hechos se nos presentan para la investigación dos interesantes puntos de partida, a saber: la afinidad del avestruz africano (*Struthio*) y el sudamericano (*Rhea*), y la afinidad de la zarigüeya americana y los marsupiales australianos, pero antes de proceder a su discusión es necesario ocuparse previamente de los gusanos planos o helmintos.

Los helmintos alcanzan su máxima especialización en las aves, si bien se les encuentra asimismo en otros grupos de vertebrados. Evidentemente son parásitos muy antiguos y especializados, sin traza alguna de tubo digestivo; es dudoso que sus antepasados lo hayan poseído. En su mayoría son parásitos del intestino delgado, en donde se alimentan absorbiendo a través de su cutícula los hidratos de carbono no específicos de sus huéspedes, y los compuestos nitrogenados específicos que segregan los intestinos. En consecuencia, estos gusanos poseen de ordinario un alto grado de especificidad parasitaria. Esto es evidente, en especial, en las aves, en las que, según comprobaron Fuhrmann y otros [6], cada orden (y aun a veces los subórdenes) tiene su propia y peculiar fauna de helmintos, que difieren de la de otros órdenes o subórdenes; esta regla es tan absoluta que se la considera de grande importancia en la taxonomía avícola. La fauna parasítica permanece constante aun cuando los huéspedes estén separados por barreras infranqueables, haciendo esto suponer una infección en el ave-huésped más antigua que la «diseminación explosiva» de las aves en el Terciario. En la actualidad los avestruces africanos y las rheas sudamericanas albergan una especie idéntica de helmintos del género *Houttuynia* [7] que no se encuentra en ninguna otra ave, al paso que el casuario australiano (*Casuarius*) y el emú (*Dromaeus*) tienen un helminto perteneciente a un género cosmopolita (*Raillietina*) cuyos representantes pululan en todas zonas zoogeográficas.

[1] Los artiodáctilos son mamíferos ungulados con un número par de dedos funcionales en las patas traseras y delanteras. Ejemplo: oveja, buey, cabra, antílope.

El avestruz y la rhea no sólo tienen helmintos idénticos y esclerostomas de afinidad muy próxima, sino que sus demás parásitos comprenden dos especies idénticas de ácaros de las plumas: ninguno de ellos muestra paridad alguna a los de otras aves. Es difícil evitar la conclusión de que ambos huéspedes no solamente tienen un origen común, sino además completamente distinto del de las aves corredoras de Australia, esto es, el emú y el casuario. Además, su común origen, con toda probabilidad, se hallaba en alguna zona del Africa antigua, pudiendo muy bien haber sido muy anterior al de otras aves.

El caso de las zarigüeyas y marsupiales es más complicado, y las pruebas parasitológicas no parecen estar de acuerdo con la creencia general en el parentesco relativamente próximo entre estos dos grupos; en realidad, parecen sugerir todo lo contrario. Los entozoarios de las zarigüeyas y marsupiales son completamente distintos. En los marsupiales australianos se dan 14 géneros de esclerostomas, pero probablemente no tienen ninguna filaria. En las zarigüeyas americanas no hay esclerostomas y solamente es muy común una filaria peculiar (*Cruzia*). Lo mismo las zarigüeyas que los marsupiales poseen helmintos pertenecientes a una familia cosmopolita relativamente primitiva pero las especies son diferentes, siendo las sudamericanas las más primitivas. Muchos géneros de gusanos de la zarigüeya se dan en los desdentados y monos cébidos, comprobándose con esto la naturaleza relativamente especializada de los tres grupos de huéspedes, lo que está en completo acuerdo con el concepto de que las zarigüeyas y los desdentados son supervivientes relativamente inalterados de mamíferos muy primitivos, y los monos sudamericanos los supervivientes de primates muy primitivos.

La gran variedad de nematodos bursados parásitos de los numerosos marsupiales australianos está relacionada sin duda con la adopción de hábitos terrestres y régimen herbívoro, ya que la infección se realiza con la deglución del nematodo en estado larvario que se encuentra en los suelos. Esto con toda probabilidad acaeció al final del Eoceno o más tarde aún y casi con seguridad en Australia. No obstante, como existe una extraordinaria variedad de esclerostomas en los ungulados más arcaicos, que nunca penetraron en Australia, y por lo mismo que no es probable que tales gusanos hayan tenido origen doble, los marsupiales por necesidad deben haberse infectado con los antecesores de sus esclerostomas antes de dicho período. Toda vez que no se encuentra ninguno

en los roedores nativos de Australia, es razonable suponer que ha compartido por lo menos un habitat natural común con estos arcaicos ungulados, y tal vez un origen común con ungulados aun más primitivos, más bien que con las zarigüeyas. El marsupial fósil más antiguo data del Mioceno pero los protomarsupiales deben haber penetrado en el continente antes, probablemente desde Asia, aun cuando se carezca de pruebas paleontológicas en cuanto al lugar y al tiempo. Los marsupiales no tienen parásitos esofagostomas, esclerostomas modificados que infectan los artiodáctilos más recientes y que han conseguido diseminarse con éxito en otros grupos de huéspedes, primates inclusive, probando así la extraordinaria adaptabilidad de los parásitos. Como los artiodáctilos alcanzaron distribución considerable a principios del Eoceno, puede muy bien suponerse que los protomarsupiales se hubieran infectado caso de haber quedado expuestos. Esto hace pensar que la época más posterior en que los protomarsupiales pudieran invadir Australia fué a últimos del Paleoceno. Tal vez fuera en época aun más antigua, cabiendo la posibilidad de que los esclerostomas de los perisodáctilos,[1] elefantes y marsupiales compartan un mismo origen con los extintos condilártidos[2] del Paleoceno; puede que en realidad los marsupiales sean placentarios primitivos que se desarrollaron en un sentido diferente de los otros y que evitaron el prolongado desarrollo uterino del feto.

El hecho de que los condilártidos llegaran a penetrar en Sudamérica, mientras que los esclerostomas se encuentran prácticamente ausentes en todos los mamíferos originarios, no destruye la posibilidad de que los esclerostomas apareciesen en los condilártidos y aun en sus antepasados. Los grupos de ungulados descendientes de los condilártidos en Sudamérica están extintos en la actualidad, y el género *Eucyathostomum* con sus tres especies — cada una en un roedor antiguo, un ciervo y un pecarí recientes — puede haber tenido su origen en uno de estos ungulados extintos, habiendo sido transferido durante el pequeño traslapo de huéspedes después de la invasión de América del Sur por los mamíferos modernos, pero antes de que se extinguieran los antiguos. Por otro lado, es mucho más probable que hayan procedido de un mastodonte invasor norteamericano, después de haberse unido ambos continentes en el Terciario.

La inexistencia fuera de Australia de especies fósiles afines a las formas australianas está de acuerdo con la hipótesis de que los marsupiales no están emparentados próximamente con las zarigüeyas y da lugar a interesantes especulaciones. La degeneración de los dientes de leche, la presencia de una placenta alantoica en el bandicuto, la relación recientemente demostrada entre la bolsa, el escroto y las hormonas genitales, y la distinta posición de la bolsa en diferentes marsupiales, todo conviene con la suposición de que los marsupiales australianos descienden de un antepasado que estaba en vías de convertirse en placentario. Los marsupiales australianos están lejos de ser animales primitivos, y el método según el cual son lanzados a la vida es por lo menos tan especializado como el de los placentarios, aun cuando en una dirección diferente. El hecho de que los marsupiales presenten ciertos caracteres anatómicos que se aproximan más a los del reptil que a los del animal placentario, no significa que cada carácter deba ser más primitivo. Además engendra dudas acerca de la validez del dogma común que ha sobrevivido desde los primeros tiempos del evolucionismo, a saber, que la ausencia de marsupiales en otras partes del Viejo Mundo es prueba de que los placentarios son más eficientes que los marsupiales, que resultaron desplazados par aquéllos. Esta tesis no puede probarse mediante la moderna introducción de placentarios en Australia y la consiguiente reducción de los mamíferos indígenas; su destrucción se debe directa o indirectamente al hombre — cuya relativamente tardía llegada al mundo no le ha permitido ejercer ninguna influencia a principios de los tiempos terciarios, pero que desde entonces significa una potencia igualmente destructiva sobre los placentarios, prácticamente en todas las partes de la Tierra.

[1] Los perisodáctilos son mamíferos ungulados con un número impar de dedos en las patas. Ejemplo: caballo, tapir, rinoceronte.

[2] Ungulados extintos del Eoceno: por ejemplo, el *Phenacodus*.

BIBLIOGRAFIA

[1] CAMERON, T. W. M. *J. Helminth.*, **6**, 219, 1929.

[2] *Idem. Trans. roy. Soc. Can.*, 3rd Ser., Sect. v., **44**, 1, 1950.

[3] BAYLIS, H. A. y DAUBNEY, R. «A Synopsis of the Families and Genera of Nematoda». Museo Británico (Historia Natural), Londres. 1926.

[4] YORK, W. y MAPLESTONE, P. A. «The Nematode Parasites of Vertebrates». J. y A. Churchill, Londres. 1926.

[5] JOHNSTON, T. H. y MAWSON, PATRICIA M. *Trans. roy. Soc. S. Aust.*, **64**, 363, 1940.

[6] FUHRMANN, O. *Mém Univ. Neuchâtel*, **8**, 383, 1932.

[7] BAER, J.-G. «Les Helminthes parasites des Vertébrés. Relations phylogénétiques entre leur évolution et celle de leur hôtes». *Ann. Sci. Franche-Comté*, 1933.

Las nucleoproteínas y la división celular

W. JACOBSON y M. WEBB

Descripción del progreso en el conocimiento de los constituyentes químicos de las células. Datos actuales sobre la presencia de las combinaciones proteicas del ácido desoxirribonucleico en el núcleo y del ácido ribonucleico en el citoplasma. Descripción e ilustraciones de los estudios espectrofotométricos de ultravioleta de dichas substancias. Aspectos citológicos de la mitosis. El comportamiento de la nucleoproteína durante la mitosis no es aún bien conocido, pero ciertos experimentos muestran que los cromosomas contienen durante la metafase y anafase alguna ribonucleoproteína. El ácido fólico, esencial vitamina del crecimiento, posee ciertos antagonistas que impiden la mitosis celular. *Leuconostoc citrovorum*, otro derivado del ácido fólico, neutraliza dichos antagonistas, por lo que se supone que tal compuesto es un elemento esencial en la división de los cromosomas.

El desarrollo de todo organismo vivo está condicionado por la multiplicación de sus células. En organismos unicelulares la división significa una auténtica reproducción, ya que el individuo originario forma dos nuevos seres individuales. Los multicelulares, por otra parte, tienen su origen en una célula primordial (zigote) cuya repetida multiplicación, junto con la de sus descendientes, determina el desarrollo y crecimiento del individuo.

La división celular es necesaria no sólo para el organismo en crecimiento, sino también para el mantenimiento del adulto. Algunos tejidos contienen células de corta vida, por ejemplo: los que recubren el canal alimenticio, las células de la sangre y de la epidermis. Estas células son reemplazadas continuamente por otras nuevas, nacidas de la división de células jóvenes indiferenciadas.

La forma de las células que constituyen un organismo multicelular presenta gran variedad, ya que los diferentes tejidos están adaptados para realizar funciones específicas y adquieren, por tanto, características peculiares. Sin embargo, todas las células poseen rasgos comunes observables microscópicamente tanto en la célula viva como en preparaciones fijadas y teñidas.

Complica la observación anatómica directa de la célula viva el hecho de que generalmente su estructura interna no absorbe luz ni ofrece por tanto mucho contraste óptico bajo el microscopio ordinario. La reciente invención del microscopio de contraste de fase [1] ha ayudado notablemente en la observación de la célula viva.

Estudiando el crecimiento de la célula en un tejido vivo se han podido obtener datos importantes sobre los procesos de división celular. En dicho método se colocan fragmentos de tejido en un medio nutritivo contenido en un recipiente de cristal a la temperatura del cuerpo. En esas condiciones, ciertos tipos de tejido crecen formando finas capas que permiten la observación directa. Además, es fácil observar numerosas células vivas en proceso de división.

Si estudiamos una célula viva bajo la luz ordinaria, vemos que presenta la apariencia de una masa de protoplasma, translúcida e irregular, dentro de la cual se encuentra un cuerpo pálido, esférico u oval: el núcleo. Este se halla rodeado de una membrana que lo separa del citoplasma circundante y contiene un flúido claro y viscoso, la savia nuclear, sobre el que se sabe muy poco, y uno o más cuerpos esféricos y refringentes: los nucleolos. Bajo el microscopio de contraste de fase se puede observar además, pero vagamente, una serie de filamentos finísimos, los cromonematos [2]. Dentro de la substancia citoplásmica se encuentran diversos cuerpos de forma esférica o alargada que se distinguen por su mayor refringencia; éstos incluyen los mitocondrios, pequeñas partículas [3] y otras inclusiones tales como corpúsculos de grasa, gránulos de pigmento y vacuolas.

La misma estructura fundamental se observa en las células preparadas y teñidas. La membrana nuclear surge como una fina línea que separa el núcleo del citoplasma. Dentro de ella pueden observarse, mediante varios métodos de tinción, los filamentos cromonemáticos y los nucleolos. Algunos tintes usados para la observación de la estructura nuclear tienen fuerte afinidad hacia un grupo de substancias químicas denominadas nucleoproteínas.

La presencia de éstas en el núcleo de la célula animal quedó demostrada al fin del siglo XIX. Miescher [4] aisló un constituyente nuclear (nucleína) partiendo de células de pus y de esperma

de pescado. Altmann demostró [5] que dicha nucleína contenía un componente acídico fosforado, al que denominó ácido nucleico, combinado con una proteína o proteínas básicas. Dichos trabajos fueron continuados [26], llegándose a la conclusión general de que el núcleo de la célula animal contenía ácido desoxirribonucleico. Pero la importancia de esa substancia no quedó bien manifiesta hasta que Feulgen y Rossenbeck [6], utilizando una reacción de tinción específica con el reactivo de Schiff (fucsina en ácido sulfuroso), pudieron probar que los cromonematos de las células inactivas contenían dicho ácido. Además, el descubrimiento de que el núcleo de ciertas células vegetales — las del embrión del trigo — producía idéntica reacción demostró que también contenían el ácido desoxirribonucleico, lo cual sirvió para destruir la hipótesis hasta entonces mantenida de que la célula vegetal se distinguía de la animal por contener aquélla ácido ribonucleico.

Cuando se comprobó que el ácido desoxirribonucleico se hallaba confinado al núcleo, Feulgen y Rossenbeck propusieron que el ribonucleico estaba localizado en el citoplasma, lo cual ha quedado comprobado en numerosos casos mediante estudios químicos y citoquímicos [7]. Dicha substancia es la causa de las propiedades basofílicas del citoplasma, siendo de interés señalar que ya los experimentos de van Herwerden [8] sugerían la relación entre el ácido ribonucleico y la basofilia citoplásmica. Más recientemente, un extenso estudio citoquímico [9] ha comprobado la relación entre el ácido ribonucleico y las propiedades basofílicas del citoplasma.

INVESTIGACIONES CON ESPECTROFOTOMETRIA ULTRAVIOLETA

Ambos ácidos ribo- y desoxirribonucleico exhiben fuerte absorción ultravioleta a 2600 Å, lo cual es característico de los enlaces dobles conjugados de sus constituyentes purínico y pirimidínico. Gracias a dicha absorción es posible determinar mediante la fotomicroscopía ultravioleta la distribución intracelular de los ácidos nucleicos y de otros constituyentes celulares. Ya en 1904, Köhler [10] consiguió fotografiar células en división con un microscopio de lentes de cuarzo. Lucas y Stark [11] obtuvieron otras fotografías ultravioleta de las diversas fases de la división celular. Los métodos absorciométricos de ultravioleta mediante el uso de luz de diferente longitud de onda [12] son hoy un procedimiento valioso para la investigación de la estructura celular.

La técnica de la absorción ultravioleta tiene la desventaja de que no distingue el ácido ribodel desoxirribonucleico, pero esa limitación puede salvarse gracias a que ambos ácidos pueden diferenciarse por medio de varias reacciones de tinción. Por ejemplo, la presencia del ácido ribonucleico en el nucleolo pudo deducirse del hecho de que éste producía una reacción de Feulgen negativa, aunque mostraba absorción en la luz ultravioleta a una longitud de onda característica del ácido nucleico [13]. A conclusión semejante se llega [9] por medio del estudio de las reacciones de tinción de células antes y después del tratamiento de éstas con ribonucleasa.

En la célula animal, la parte proteica de la desoxirribonucleoproteína es ya una histona ya una protamina, como en los espermatozoos de ciertas especies. En adición al contenido proteico básico, se ha aislado en algunos núcleos celulares inactivos una segunda proteína que contiene azufre [14] y triptofán [15, 16]. Dicha proteína, que puede representar parte de los cromonematos, se halla enlazada a un porcentaje reducido de ácido nucleico, del que unos 4/5 son ácido ribonucleico [17]. Debemos mencionar sin embargo que en dicho trabajo no se tiene en cuenta la ribonucleoproteína de los nucleolos.

DIVISION CELULAR

La multiplicación celular se produce de manera semejante en la mayoría de los tejidos animales y vegetales. Primero se divide la membrana nuclear mediante el complejo proceso de la mitosis, seguido por la división del cuerpo de la célula en dos células hijas, cada una de las cuales contiene su núcleo propio.

Desde hace más de 70 años se conocen ya las características principales de los cambios mitósicos de las substancias celulares. La Fig. 15, tomada del *Atlas of Histology* de Klein, publicado en 1880, ilustra las fases principales en forma casi exacta.

Uno de los primeros cambios visibles en una célula que se dispone a dividirse se produce dentro del núcleo. Los cromonematos comienzan a engrosar y a hacerse progresivamente más refringentes (Fig. 3, *P*); esta es la profase de la mitosis. Los filamentos engrosados (Figs. 3 y 4) son los cromosomas, que en este momento cambian de forma, pasando de la de filamentos enroscados o doblados a la de varillas cortas, según la célula. En algunas se puede observar que cada cromosoma es doble, componiéndose de dos filamentos más finos, o cromátidos, que se extienden en estrecha proximidad (Fig. 15, *d*). El

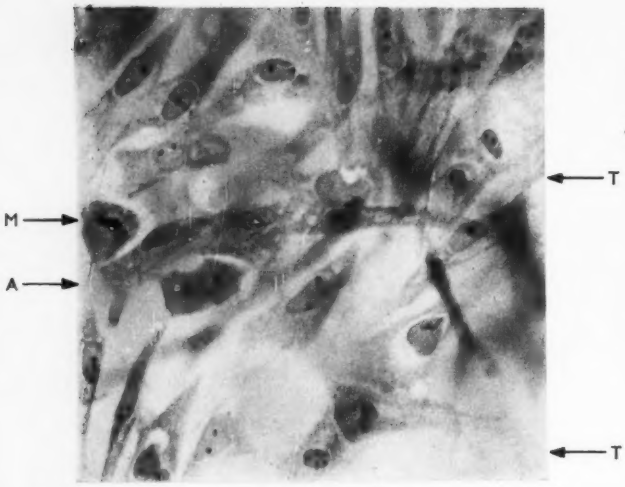


FIGURA 1 – *Numerosas células «inactivas» y cuatro en división.* M, *metafase;* A, *anafase;* T, *telofase.* (*Dos células hijas en cada telofase.*) (× 425)

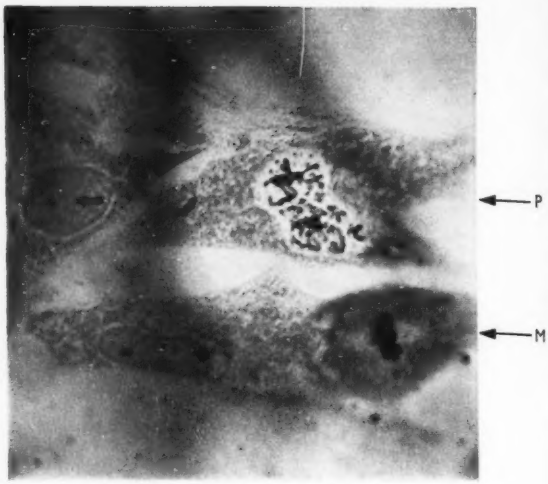


FIGURA 2 – *En el núcleo de la profase* (P) *la mayoría de los cromosomas se tiñen de rojo púrpura, muy pocos de azul oscuro.* M, *metafase* (*los cromosomas negros estan vistos de perfil*). (× 1100)

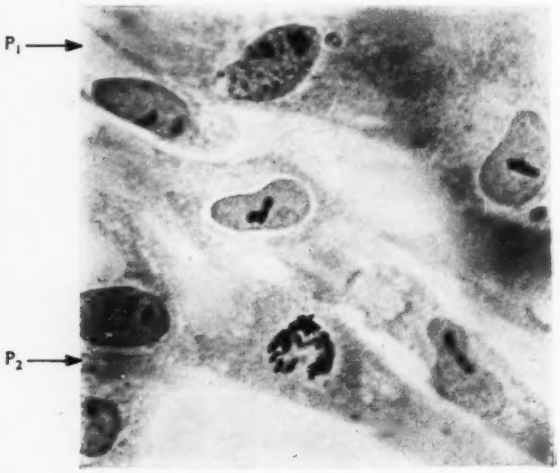


FIGURA 3 – P_1, *profase temprana con cromosomas teñidos de rojo púrpura;* P_2, *profase posterior. Casi todos los cromosomas son azul oscuro.* (× 1100)

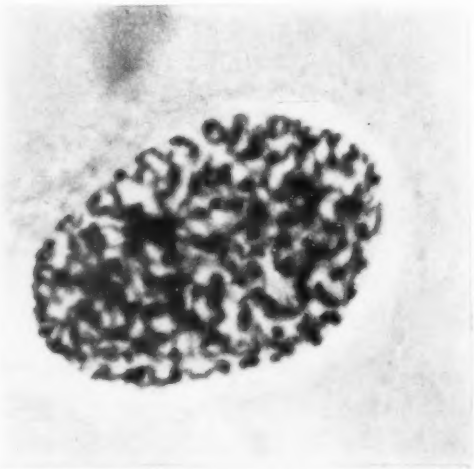


FIGURA 4 – *Profase temprana de un núcleo de una célula anfibia. Algunos cromosomas se han teñido de azul oscuro.* (× 1100)

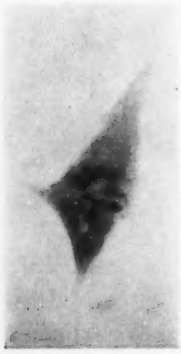


FIGURA 5 – *Vista superficial de la metafase; los cromosomas se han teñido de azul oscuro.* (× 825)

FIGURA 6 – *Anafase. Nótese la substancia azul del citoplasma entre los dos grupos de cromosomas.* (× 825)

FIGURA 7 – *Anafase. Obsérvese la substancia azul en el citoplasma entre los dos grupos de cromosomas.* (× 1100)

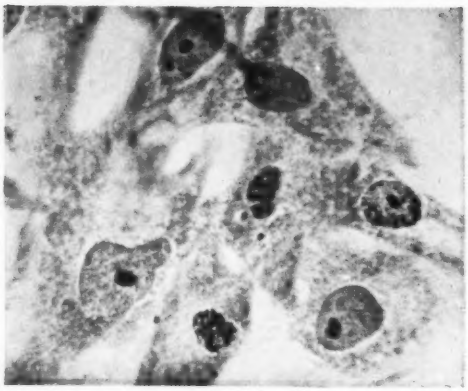


FIGURA 8 – *Las dos células con los pequeños núcleos representan una telofase. La mayoría de los cromosomas se tiñen de rojo púrpura. Los nucleolos que se han teñido de azul se hallan en los dos núcleos.* (× 1100)

FIGURA 9 – *Después de digestión con ribonucleasa el citoplasma y los nucleolos ya no se tiñen de azul, los cromosomas de la metafase se tiñen de rojo púrpura.* (× 1100)

FIGURA 10 – *Después de digestión con ribonucleasa el citoplasma y los nucleolos quedan casi incoloros. Los cromosomas de la anafase se tiñen de rojo púrpura.* (× 825)

FIGURA 11 – *Después de digestión con desoxirribonucleasa toda la substancia de tinción rojo púrpura ha desaparecido de los núcleos. Los nucleolos y el citoplasma no han sufrido efecto alguno. En el núcleo de la profase* (P) *sólo se muestran aquellos cromosomas que contenían substancia de tinción azul. En la anafase* (A) *los cromosomas se tiñen de azul. Nótese la substancia azul entre los dos grupos de cromosomas en anafase.* (× 825)

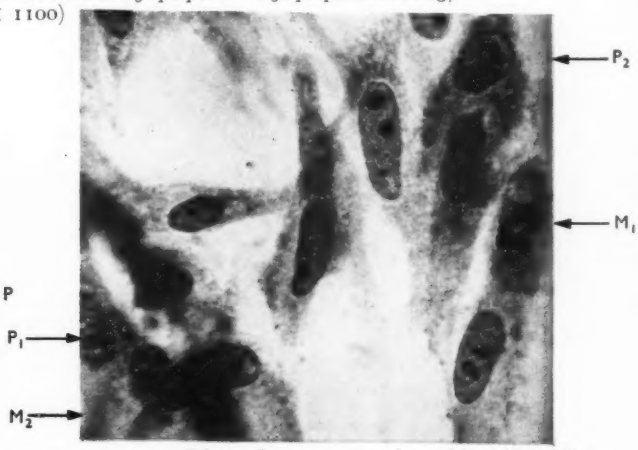


FIGURA 12 – *Efecto de un antagonista del ácido fólico (aminopterina, 1 : 2000 durante 15 minutos). Los cromosomas de una célula en metafase* (M_2) *se arraciman apretadamente (compárese con la metafase normal de la Fig. 5). Obsérvese que ni las células inactivas ni las en profase* (P_1 *y* P_2) *ni en metafase temprana* (M_1) *han quedado afectadas.* (× 915)

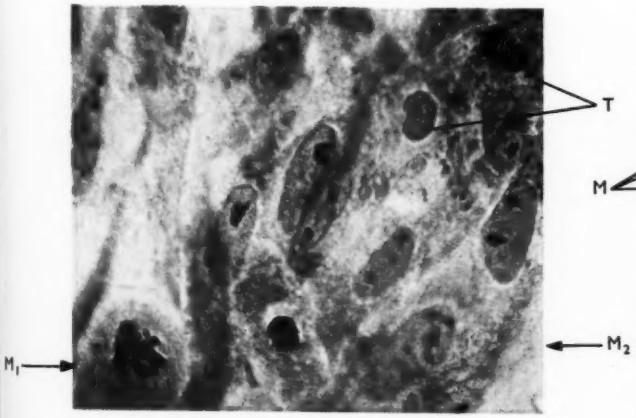


FIGURA 13 – *Efecto de un antagonista del acido fólico (aminopterina, 1 : 2000 durante 15 minutos).* M_1 *y* M_2 *son dos células en metafase con cromosomas arracimados. Dos células hijas normales al final de una telofase* (T). (× 915)

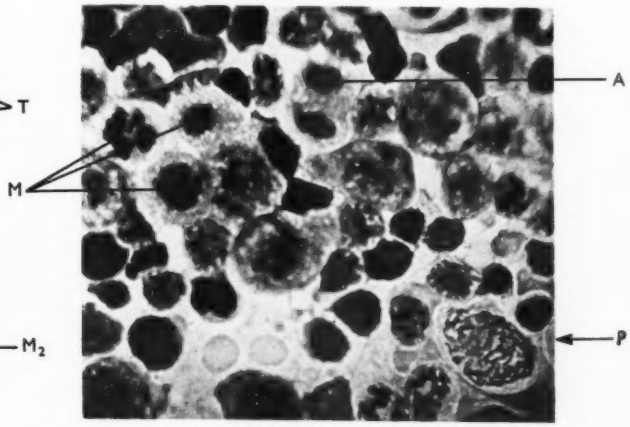


FIGURA 14 – *Células del tuétano de un ratón con leucemia aguda, dos horas después de una inyección de 1 mg de aminopterina. Las células con grandes núcleos redondos son cinco células leucémicas inactivas. Células leucémicas en división:* P, *profase;* M, *tres células en metafase, las cuales muestran completo arracimamiento de los cromosomas.* A, *anafase.* (× 915)

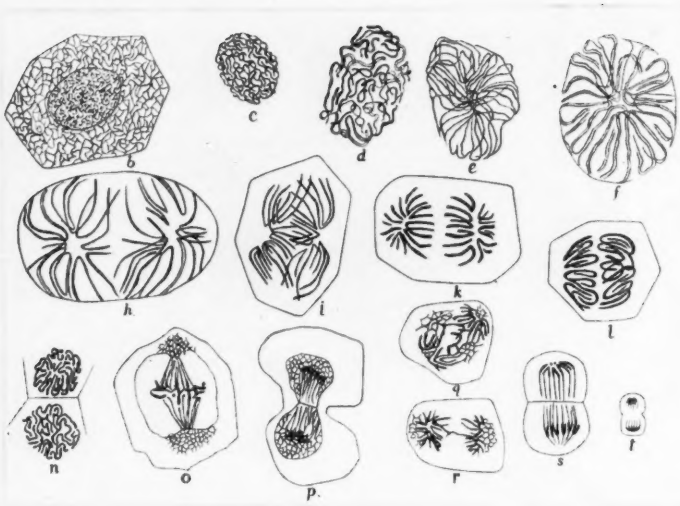
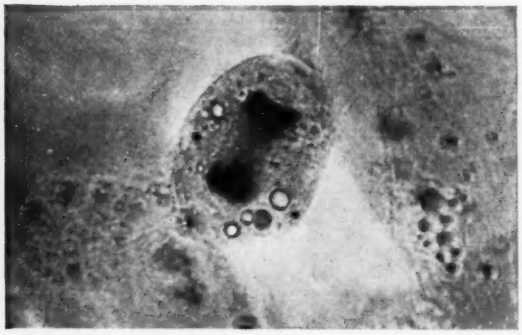
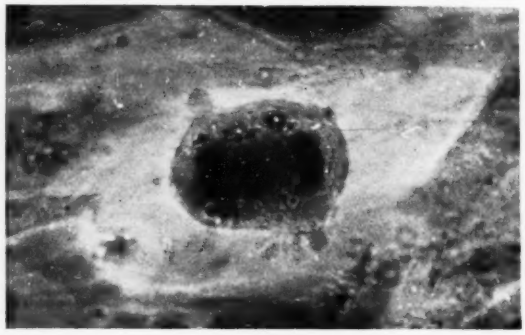


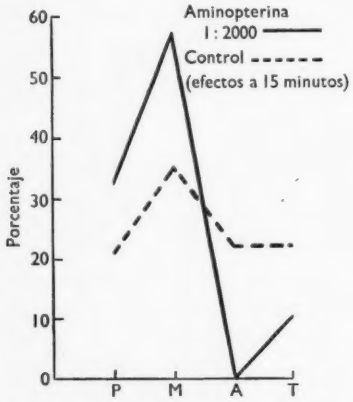
FIGURA 15 (*izquierda*) – *Las primeras ilustraciones de la célula en división (según E. Klein).* b–s, *células de anfibio;* t, *células epidérmicas de la oveja,* c *y* d, *núcleos en profase;* e, f, o, *núcleos en metafase* (o *muestra también el perfil de la célula*) h–l *y* p–t, *diferentes estadios de la anafase;* n, *telofase. El fino enrejado irregular en* o–r *es incorrecto.*

FIGURA 16 (*debajo*) – *Fotografías ultravioleta de células vivas de embrión de gallina en un cultivo de tejido. Las dos células en anafase muestran una crecida cantidad de substancia absorbente en el área citoplásmica por la que se han desplazado los grupos de cromosomas.* (× 1500 *apr.*)

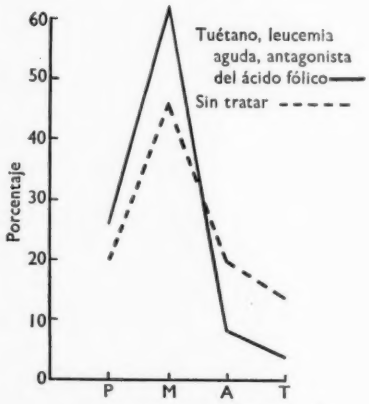
[*Por cortesía del Dr. H. G. Davies, Biophysics Research Unit, King's College, Universidad de Londres.*]



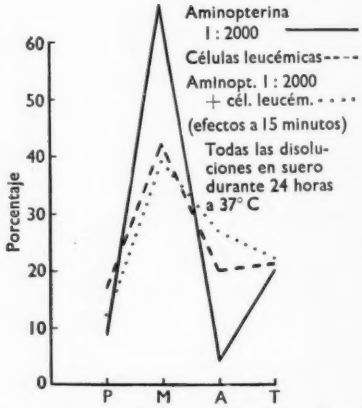




GRAFICA 1 – *Porcentaje de distribución de profases* (P), *metafases* (M), *anafases* (A) *y telofases* (T) *entre las células en división de un cultivo de tejido.*



GRAFICA 2 – *Porcentaje de distribución de las cuatro fases de la mitosis entre las células leucémicas en división, de un enfermo con leucemia aguda.*



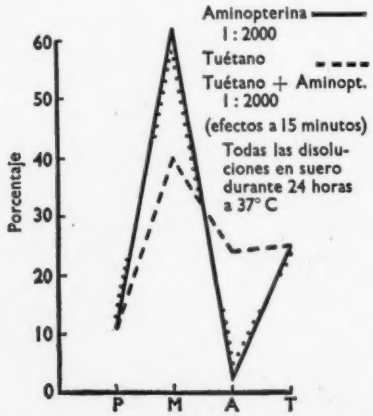
GRAFICA 3 – *Porcentaje de distribución de las cuatro fases de la mitosis entre células en división de un tejido cultivado. Las tres curvas se han obtenido después de tratar las células con aminopterina* (———); *células leucémicas* (- - - - -); *y con una mezcla de ambas* (. . . . .). *La aminopterina ha quedado inactivada por las células leucémicas.*

tamaño de los cromosomas varía según la especie; los de los mamíferos y aves son generalmente pequeños, los de los anfibios son mucho mayores (Figs. 3 y 4). Simultáneamente con los cambios de la profase en el núcleo, la célula tiende a redondearse.

Al final de la profase desaparece la membrana nuclear (Fig. 3, P_2) y los cromosomas, que ahora están libres en el citoplasma, empiezan a moverse hacia el ecuador de la célula. Este es el comienzo de la segunda fase de la división celular, la metafase, que se caracteriza asimismo por la desaparición de los nucleolos (Fig. 1, *M*; Fig. 2, *M*; Fig. 5).

Durante la metafase los cromosomas se contraen aún más, se hacen más gruesos y se ordenan horizontalmente en una lámina ecuatorial. El citoplasma que está encima y debajo de dicha lámina se ha orientado en forma de huso, como se ve en la Fig. 2, a ambos lados del grupo de cromosomas. En algunas preparaciones, el área de huso citoplasmático muestra delgados filamentos que convergen hacia ambos polos de la célula, y en una célula viva la luz polarizada revela una orientación longitudinal de las moléculas de proteína en dicha área [18].

En el siguiente estadio de la división celular, la anafase, los dos cromátidos que componen cada cromosoma se separan longitudinalmente y se hacen independientes. Estos cromosomas hijos, como se les denomina, se desplazan a lo largo de las fibras del huso hacia los polos (Figs. 6 y 7; *Vid.* también Fig. 15, *h–l* y *p–t*). Al mismo tiempo la célula se estira longitudinalmente, movimiento que sólo toma unos minutos. Hacia el final de la anafase cada grupo de cromosomas forma un espeso racimo a cuyo alrededor se reconstruye una membrana nuclear; los cromosomas pierden entonces su contracción y los nucleolos reaparecen en cada núcleo hijo (Figs. 1, *T* y 8). Durante la telofase o estadio final de la mitosis, el citoplasma se divide por constricción en el plano ecuatorial y quedan formadas ambas células hijas.



GRAFICA 4 – *Como en la gráfica 3, pero con células normales de tuétano en vez de células leucémicas. En este caso no se ha alterado el efecto de la aminopterina.*

LAS NUCLEOPROTEINAS DE LOS CROMOSOMAS

Aunque ya tengamos bastante claramente definidos los aspectos citológicos de la mitosis, muy poco se sabe de la naturaleza de los cambios químicos y reacciones enzimáticas que acompañan la división celular. Se ha estudiado el comportamiento de las nucleoproteínas durante la mitosis mediante métodos citoquímicos y con la técnica de absorción ultravioleta. La observación citológica de que los cromonematos del núcleo inactivo originan los cromosomas de la profase se ha atribuído a una condensación de la desoxirribonucleohistona nuclear en estado disperso sobre los cromonematos en proceso de contracción, mientras que los cambios observados en la estructura de los cromosomas durante la telofase se atribuyen a la redispersión de dicha substancia. Los detalles de tales cambios, así como los de la desaparición de los nucleolos en la profase y su reaparición en los núcleos de las células hijas durante la telofase, aún no se pueden explicar claramente.

Se han propuesto diversas pruebas [19–22] de que durante la mitosis la ribonucleoproteína se halla presente en la metafase y anafase en los cromosomas de las células de ciertas plantas e invertebrados así como en las células del huevo de algunos anfibios. Nosotros hemos estudiado el comportamiento de la ribonucleoproteína en la división celular en las aves y mamíferos [23] observando que cuando se tratan las células con los tintes de May-Grünwald y Giemsa, las estructuras del núcleo inactivo que contiene desoxirribonucleoproteína se teñían rojo púrpura, mientras que el nucleolo y citoplasma que contienen ribonucleoproteína resultaban azules. Sin embargo, durante la mitosis sólo los cromosomas de la profase y telofase se teñían rojo púrpura, como los cromonematos del núcleo inactivo, mientras que los cromosomas de la metafase y anafase resultaban azul oscuro. Esto indica que los cromosomas de la metafase y anafase contenían otro componente en adición a la desoxirribonucleoproteína. Los experimentos siguientes probaron que

dicho componente adicional era la ribonucleoproteína:

1. Cantidades aisladas de ribo- y desoxirribonucleoproteína colocadas sobre un porta-objetos y tratadas igual que los tejidos mostraban tinción azul y rojo púrpura respectivamente.
2. Se sometió a las células a digestión con (*a*) desoxirribonucleasa y (*b*) ribonucleasa, enzimas que depolimerizan específicamente y por tanto solubilizan la correspondiente nucleoproteína. Se halló que (*a*) eliminaba la substancia de tinción rojo-púrpura de los cromonematos y de los cromosomas de la profase y telofase, mientras que los cromosomas de la metafase y anafase surgían de un azul brillante (Fig. 11). Por otra parte, (*b*) eliminaba toda la substancia de tinción azul del citoplasma y nucleolo, y los cromosomas de la metafase y anafase se teñían de rojo púrpura, como los de la profase y telofase (Figs. 8 y 9). Así se pudo concluir que los cromosomas de la metafase y anafase contienen ambos tipos de nucleoproteína.

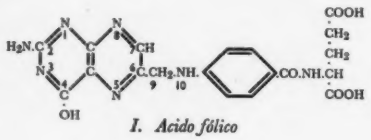
Se observó además que el área de citoplasma a través del cual se trasladan los dos grupos de cromosomas durante la anafase se teñía de un azul más oscuro que cualquiera otra región del citoplasma, como si durante la anafase los cromosomas comenzasen a desprenderse de su ribonucleoproteína durante su paso a través del citoplasma (Figs. 1, 6, 7 y 11). Las fibras del huso, que no contienen ribonucleoproteína pueden observarse como filamentos incoloros dentro de esta substancia teñida de azul. Recientemente, H. G. Davies [25] ha conseguido registrar en la célula viva la presencia de mayores cantidades de substancia absorbente de ultravioleta en el área citoplásmica a través de la cual se habían desplazado los cromosomas durante la anafase (Fig. 16). Cuando las membranas nucleares se re-forman durante la anafase alrededor de los dos grupos de cromosomas, aún puede observarse la substancia de tinción azul en el citoplasma, fuera del núcleo.

Como la presencia de la ribonucleoproteína en los cromosomas y la posible transferencia de dicha substancia al citoplasma pueden tener considerable importancia biológica, se estudiaron en gran detalle esos fenómenos, hallándose que en la profase, justo antes de que desaparezcan la membrana nuclear y los nucleolos, ya se colorean de azul oscuro reducidas áreas de algunos cromosomas, mientras que otras partes de los mismos todavía muestran tinción rojo púrpura. Así, no es probable que la ribonucleoproteína citoplásmica se adsorba al cromosoma, ni sería razonable presumir que la ribonucleoproteína nucleolar bastase para explicar toda la ribonucleoproteína cromosómica. Debemos tener en cuenta la posibilidad de que esta substancia se sintetice en los cromosomas.

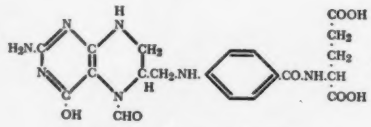
FACTORES QUIMICOS RELACIONADOS CON LA DIVISION CELULAR

Muy poco sabemos sobre el funcionamiento de determinadas substancias químicas durante la división celular, pero las recientes investigaciones sobre el comportamiento de los antagonistas del ácido fólico han arrojado alguna luz sobre dicho problema.

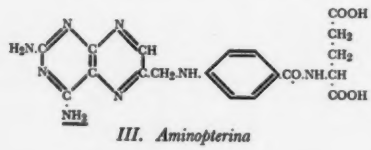
El ácido fólico (fórmula I) es una vitamina esencial para el crecimiento de todo el organismo animal; la deficiencia del mismo produce la reducción del número de corpúsculos rojos y blancos en la sangre. Algunos análogos de esta substancia ejercen una acción antagónica, perturbando el funcionamiento normal del ácido fólico. Ciertos ejemplos son los de la aminopterina, ácido 4-amino-fólico (fórmula III) y la A-metopterina, ácido 4-amino, 10-metilo fólico (fórmula IV). Esos compuestos tienen uso clínico, pues pueden producir una reducción temporal de la leucemia en casos agudos.



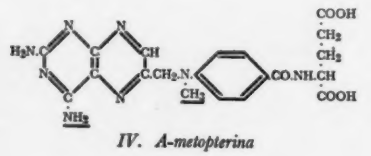
I. Acido fólico



II. Factor Leuconostoc citrovorum



III. Aminopterina



IV. A-metopterina

Los antagonistas del ácido fólico impiden la compleción de la mitosis en las células en proceso de división; las células se detienen en la metafase (gráfica 1), interrumpiéndose la división de sus cromosomas, que forman un sólido grumo en el centro de la célula (Figs. 13 y 14). Esta acción es casi instantánea siempre que se aplique una concentración suficientemente elevada del antagonista. Los primeros estadios de la mitosis no quedan afectados, ni disminuye el valor el número de células que la inician; las células inactivas tampoco parecen sufrir efecto alguno.

Cuando se aplican simultáneamente a una célula ácido fólico y un antagonista, la acción inhibitoria de éste no puede contrarrestarse ni aún con muy elevadas concentraciones del ácido fólico, lo cual indica que no es la función misma de éste lo que queda interrumpido. Sin embargo, un derivado del ácido fólico, el factor *Leuconostoc citrovorum*, ácido 5-formil-tetrahidro-fólico (fórmula II), es capaz de neutralizar la inhibición mitósica causada por los antagonistas del fólico [24].

De esos experimentos puede deducirse que la presencia del factor *Leuconostoc citrovorum* es esencial para la división de los cromosomas y que es imposible el paso de la metafase a la anafase sin él. Es interesante notar que la presencia de la ribonucleoproteína en los cromosomas no queda afectada por los antagonistas del ácido fólico, y los cromosomas de la detenida metafase conservan su ribonucleoproteína.

Ya hemos dicho que los antagonistas del ácido fólico pueden detener temporalmente en algunos enfermos el proceso leucémico suspendiendo la división celular en la metafase (gráfica 2). Sin embargo, últimamente la mitosis de las células blancas inmaturas no queda interrumpida por los antagonistas. Los siguientes experimentos pueden arrojar alguna luz sobre esta resistencia. Si tomamos 10 mg de células leucémicas de un ratón que sufre leucemia y que no responde a los antagonistas del ácido fólico y se incuban *in vitro* con 1 mg de aminopterina, el antagonista se convierte en una substancia inefectiva; ello se demuestra probando el flúido supernatante del incubado con células activas cultivadas *in vitro* (gráfica 3). Por el contrario, cuando la aminopterina se incuba con la misma cantidad de tuétano normal, no sufre cambio y el incubado conserva su efecto inhibitorio sobre las células activas en los cultivos de tejidos (gráfica 4). La búsqueda de antagonistas que no acusen la acción de las células leucémicas debe por tanto ser una de las tareas más urgentes en la lucha contra tan terrible enfermedad.

Todas las células están tratadas con los tintes de May-Grünwald y de Giemsa. El núcleo de las células inactivas es rojo púrpura, los nucleolos (de los núcleos) azules. El citoplasma también se tiñe de azul.

Las Figs. 1–3 y 5–13 muestran células de embrión de gallina (osteoblastos) desarrollados en cultivo de tejidos durante 24–48 horas. La Fig. 4 es una célula de anfibio de un cultivo de tejido de pulmón de *Triturus cristatus* (por cortesía del Dr. J. N. Boss).

REFERENCIAS

[1] ZERNIKE, F. *Physica,'s Grav.*, **9**, 686, 1942.
[2] FELL, H. B. y HUGHES, A. F. W. *Quart. J. micr. Sci.*, **90**, 37, 1949.
[3] CLAUDE, A. *J. exp. Med.*, **84**, 51 y 56, 1946.
[4] MIESCHER, F. *Hoppe-Seyl. Med.-chem. Untersuch.*, 441, 1871.
[5] ALTMANN, R. *Arch. Anat. Physiol., Lpz.* Abt. 524, 1889.
[6] FEULGEN, R. y ROSSENBECK, H. *Hoppe-Seyl. Z.* **135**, 203, 1924.
[7] DAVIDSON, J. N. *Ann. Rep. chem. Soc. (Lond.)*, **42**, 240, 1945.
[8] VAN HERWERDEN, M. A. *Arch. Zellforsch.*, **10**, 431, 1913.
[9] BRACHET, J. *C. R. Soc. Biol., Paris*, **83**, 88, 1940.
[10] KÖHLER, A. *Z. wiss. Mikr.*, **21**, 129 y 275, 1904.
[11] LUCAS, F. F. y STARK, M. B. *J. Morph.*, **52**, 91, 1931.
[12] CASPERSSON, T. *Skand. Arch. Physiol.*, **73**, Suppl. 8, 1936; *Chromosoma*, **1**, 147, 1939; *J. R. micr. Soc.*, **60**, 8, 1940.
[13] CASPERSSON, T. y SCHULTZ, J. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.*, **26**, 507, 1940.
[14] MEYER, D. T. y GULICK, A. *J. biol. Chem.*, **146**, 433, 1942.
[15] STEDMAN, E. y STEDMAN, E. *Sym. Soc. Exp. Biol.*, No. 1, 232, Cambridge University Press, Londres, 1947; *Cold Spr. Harb. Symp. Quan. Biol.*, **12**, 224, 1947.
[16] MIRSKY, A. E. y POLLISTER, A. W. *J. gen. Physiol.*, **30**, 117, 1946.
[17] MIRSKY, A. E. y RIS, H. *Ibid.*, **31**, 1, 1947.
[18] SWANN, M. M. *J. exp. Biol.*, **28**, 417, 1951.
[19] BRACHET, J. «Embryologie Chimique», Masson et Cie, París, 1945.
[20] FROLOVA, S. L. *J. Hered.*, **35**, 235, 1944.
[21] KAUFMAN, B. P., MCDONALD, M., y GREY, H. *Nature*, **162**, 814, 1948.
[22] TURCHINI, J. *Exp. Cell Res.*, Suppl. 1, 105, 1949.
[23] JACOBSON, W. y WEBB, M. *J. Physiol.*, **112**, 2P, 1951; *Exp. Cell Res.*, **3**, 163, 1952.
[24] JACOBSON, W. *J. Path. Bact.*, **64**, 245, 1952; «Biology of Mitosis», 13th Conference on Problems of Ageing. Josiah Macy Jr. Foundation, Nueva York, 1951.
[25] DAVIES, H. G. *Exp. Cell Res.*, **3**, 453, 1952.
[26] TIPSON, R. S. *Advanc. Carbohydr. Chem.*, **1**, 193, 1945.

Los ferroorganismos

E. G. PRINGSHEIM

Los ferroorganismos se caracterizan por su facultad de depositar sobre su propia superficie substancias de forma bien definida y con una elevada proporción de compuestos férricos, que son la causa principal del color ocre del medio en que se desarrolla el organismo. Su número y variedad taxonómica son muy grandes, comprendiendo desde las bacterias hasta las algas. Las investigaciones experimentales indican que la mayoría de los ferroorganismos derivan su energía metabólica de la oxidación de los compuestos ferrosos y manganosos. Estudio de la variedad ecológica de dichos organismos, que no se encuentran nunca en aguas marinas.

Parece que Ehrenberg [9] fué el primero en analizar microscópicamente los depósitos de ocre y afirmar que se componían de residuos depositados por ciertos organismos que confundió con las diatomeas. Como otros tantos nombres inventados por él, el que dió a varios de tales depósitos fósiles, *Gaillonella* (*Gallionella*) *ferruginea*, continúa aún en uso, aunque el organismo mismo no fué descubierto por Cholodny hasta mucho más tarde [2]. Kützing [10] describió otra ferrobacteria, la principal causante de la formación del hierro de los pantanos, *Leptothrix ochracea*, que también ha permanecido un enigma hasta hace muy poco, aunque es el más mencionado de todos los ferroorganismos.

El primero de éstos que obtuvo una descripción completa fué *Crenothrix polyspora*, que Cohn, fundador de la bacteriología científica, descubrió en unos pozos de agua impotable [5] a causa de la turbiedad producida por unos filamentos parduzcos. Cohn no sólo describió y reconoció exactamente el ciclo vital de esta bacteria, sino que por vez primera usó bajo el microscopio la reacción de azul de Prusia con ferrocianuro potásico y ácido clorhídrico. Se debía ya a Sachs [19] la aplicación de las pruebas microquímicas a la fisiología vegetal, realizadas durante sus investigaciones sobre el metabolismo de la simiente germinativa. La reacción de azul de Prusia cumple perfectamente las exigencias de tales pruebas, ya que diferencia las estructuras más finas, tiñéndolas en diversos matices según la concentración de los compuestos férricos presentes (Fig. 1).

La importancia de los métodos biológicos en las investigaciones higiénicas del agua potable quedó establecida, en sus líneas generales, por Cohn y sus discípulos; pero la función bioquímica de los ferroorganismos continuó oscura hasta la publicación del famoso librito de Winogradsky, *Über Eisenbakterien* [21]. Su título marca ya un nuevo avance, pues postula un grupo biológico de bacterias que se caracterizan por su relación con el hierro. Dicha noción, basada sobre experimentos con cultivos, resultó en la observación de que tales bacterias no necesitan nutrientes orgánicos y que utilizan para su metabolismo la energía química derivada del cambio del hierro de su estado ferroso al férrico: son por tanto organismos quemo-autotróficos. Esta concepción, de fundamental importancia, ha quedado comprobada por Winogradsky y otros autores en relación con varios grupos de microorganismos, pero no está definitivamente establecida para todos los ferroorganismos.

Aunque el trabajo de Winogradsky de 1888 tiene solidez y seriedad científicas, no parece poseer la suficiente extensión para que sus conclusiones puedan ser generalmente aceptadas. Molisch [13, 14] lo contradijo firmemente: había conseguido un cultivo puro de ferrobacterias y demostrado que podían existir en condiciones muy semejantes a las de las demás bacterias, concluyendo — erróneamente — que Winogradsky se había equivocado. En realidad, Molisch debiera haberse contentado con afirmar y probar por primera vez que las bacterias quemo-autotróficas pueden también existir heterotróficamente. Todos los autores posteriores tomaron bandos en esta disputa sin intentar resolverla seriamente, a excepción de Lieske [11, 12], cuyos escritos no son, sin embargo, tan concluyentes como algunas veces se piensa.

Además de las bacterias hay otros muchos organismos depositantes de hierro, pertenecientes a los flagelados y a las algas, a los que se han dedicado numerosos estudios descriptivos. Todos ellos pueden incluirse adecuadamente en el término general ideado por Gaidukov (1905): ferroorganismos. Por desgracia, numerosas formas han recibido nombres para los que no se ha tenido en

cuenta su verdadero carácter, debido a que sus incrustaciones o depósitos inorgánicos son más espectaculares y duraderos que los delicados organismos que los producen. Existe por tanto una extensa literatura [1, 7, 8, 15] en la que se describen estructuras, sin establecer su relación con especies definidas y con sólo casuales referencias a una célula viva. Por otra parte, Cholodny [2, 3], Pascher, en numerosos escritos, y otros muchos han dejado cuidadosas descripciones de organismos con depósitos inorgánicos de color parduzco a base de hierro, así como del proceso de exudación y configuración de los mismos. Cholodny pudo demostrar mediante simples observaciones que las estructuras denominadas *Gallionella* sólo son en realidad excreciones de una bacteria nefriforme. El mismo autor ha publicado también (1926) la mejor monografía sobre la morfología y fisiología de las ferrobacterias, y nosotros hemos dado a luz un trabajo sobre los ferroflagelados [16] y otros dos sobre las ferrobacterias [17, 18], en los que se estudia la gran mutabilidad de tales organismos y el carácter, hasta ahora erróneamente interpretado, de sus depósitos.

MORFOLOGIA

A pesar de su diversidad taxonómica, los ferroorganismos, ecológicamente considerados, presentan como característica común la facultad de segregar sobre su propia superficie depósitos compuestos principalmente de substancias inorgánicas con un elevado contenido de productos férricos. Su facultad de transformarse de acuerdo con las condiciones ambientales, que también parece ser característica común, se halla relacionada con su posibilidad de existir sin producir tales depósitos: en ese caso se les puede confundir con organismos totalmente diferentes. En contra de lo que antes se suponía, los depósitos no son partes esenciales, y su formación depende de factores que no tienen relación directa con los procesos metabólicos indispensables. Así se explica la posibilidad de extraordinarias variaciones de apariencia sin una correspondiente diferencia en el desarrollo.

Las variaciones en la forma de los depósitos de los distintos organismos son tan grandes como su diversidad taxonómica. Ciertos miembros de los géneros *Sphaerotilus* (Figs. 2 y 3) y *Crenothrix* tienen la forma de láminas tubulares, los *Gallionella* (Fig. 4), son cintas enroscadas, las células que viven solas o en grumos, cápsulas redondeadas. Los tricomas de *Myxophyceae* tienen a veces envolturas impregnadas en hierro, y otras algas filamentosas, especialmente *Heterokontae*, absorben hierro en sus apéndices de sujeción, mientras que algunas *Chlorophylaceae* lo depositan en sus paredes celulares. La mayor variedad se encuentra en los flagelados. *Euglenineae*, *Chlamydomonadaceae* y otras tienen envolturas formadas casi exclusivamente de precipitados inorgánicos. *Anthophysa*, *Siderodendron*, etc. producen tallos ramificados semejantes a los de *Gallionella*, y *Bikosoeca* (Fig. 1) y otras tienen envolturas cupiformes de compuestos férricos rodeando a la célula desnuda.

Dentro de una misma especie, en todos los casos citados, existe una gran variedad de formas según las condiciones de desarrollo. *Sphaerotilus natans* Kütz., por ejemplo medra en las corrientes de agua sucia sobre un fondo sólido, formando grandes borlas compuestas de filamentos de células bacterianas unidas por tubos mucosos que pueden ablandarse y disolverse, liberando enjambres de organismos semejantes a *Pseudomonas* (Fig. 3). El mismo organismo vive en un estado muy diferente en aguas tranquilas con un bajo contenido de materias orgánicas, donde forma estructuras filamentosas y ramificadas, sin moco en su superficie, denominándose entonces *Cladothrix dichotoma* [6]. Hay una tercera forma que se encuentra en aguas con compuestos ferrosos y muy poco material orgánico; la envoltura es entonces quebradiza y de apariencia cristalina, producto de la deposición del hidróxido férrico en forma coloidal de gran dureza. Esta es nuestra vieja amiga *Leptothrix ochracea*, de color ocre a simple vista, pero no bajo el microscopio.

El flagelado colonial *Anthophysa vegetans* Stein no se presenta siempre en conglomeraciones esféricas pedunculadas, como en la Fig. 5 (a izquierd). En aguas deficientes en hierro y manganeso puede darse sin los pedúnculos, en colonias esféricas que flotan libremente, a las que se ha denominado *Monas sociabilis* Meyer, o en células sueltas por desintegración de las colonias, presentando entonces dos variedades: *Heterochromonas* Pascher, si tiene un «ojo», y *Monas* si no lo tiene.

Las especies de *Trachelomonas* (Fig. 6) pueden tener una envoltura esférica, ovoide o alargada y rígida, encerrando una célula-cuerpo euglenoide; por lo general es parda, con una mezcla mangánica en una matriz férrica. Cuando hay deficiencia de hierro y manganeso, dichos depósitos inorgánicos se hallan ausentes, lo cual no afecta considerablemente la viabilidad del organismo; la célula-cuerpo queda entonces cubierta de una membrana orgánica delicada e incolora, con la misma forma que la variedad normal, aunque en

condiciones desfavorables se encuentran a veces células desnudas de formas más elongadas y muy variables.

FISIOLOGIA

La teoría de Winogradsky sobre la utilización de la energía química por las ferrobacterias [21, 22] se basa en la observación de que ciertas especies, principalmente la hoy denominada *Sphaerotilus discophorus* [17], prosperan en disoluciones de compuestos ferrosos y muy pocas substancias orgánicas. La dificultad técnica que resulta de la inestabilidad de los compuestos ferrosos en presencia del oxígeno necesario a los organismos ha dificultado hasta hoy la satisfactoria experimentación sobre la autotrofia de las ferrobacterias. Unicamente con *Gallionella ferruginea* han obtenido Lieske [11] y Teichmann [20] cierto éxito, usando hierro metálico en disolución nutriente inorgánica y diluída, enriquecida con CO_2; pero, como Teichmann pudo comprobar, cuanto más puro sea el hierro menos viables son los cultivos. Como las limaduras de hierro usadas por Lieske contenían carbono y producían hidrocarburos al ponerse en contacto con el agua, sus experimentos no son concluyentes.

Para evitar dichas dificultades experimentales, Molisch [14] y Lieske [12] utilizaron las sales de manganeso, más estables, presumiendo que, debido a su similaridad química, podían muy bien substituir a los compuestos ferrosos correspondientes. Molisch llegó a servirse de esta substitución como un argumento contra Winogradsky, aunque empleó preparaciones mal definidas, tales como «peptona de manganeso», y no pudo repetir sus resultados al terminársele la cantidad del primer producto. Lieske tampoco obtuvo un éxito invariable con sus cultivos. Hoy sabemos [16–18] que el fracaso se debía a que la mayoría de los ferroorganismos necesitan ambos metales pesados, muy pocos utilizan sólo el hierro, y es muy dudoso que ninguno pueda prescindir por completo de éste. Los fracasos de Molisch y Lieske pueden haberse debido a la fortuíta ausencia de trazas de los compuestos ferrosos necesarios.

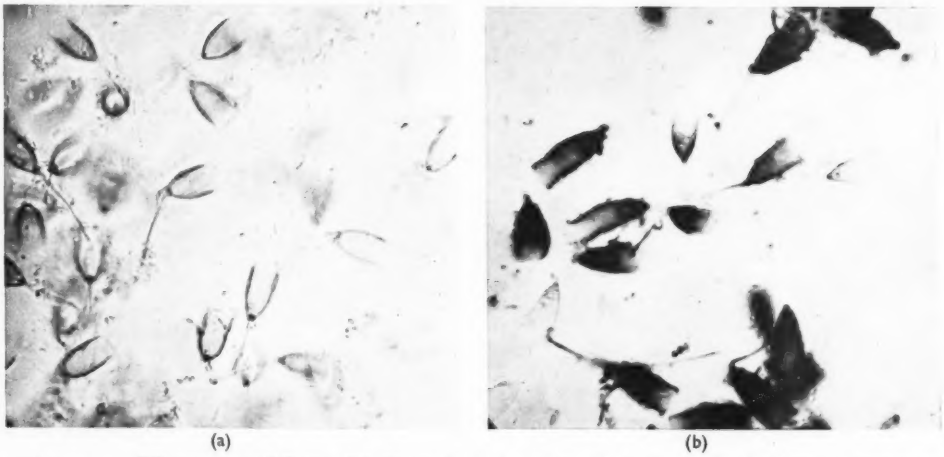
Numerosas interpretaciones erróneas de la fisiología de los ferroorganismos se deben a la común presuposición de que los compuestos ferrosos son la causa única del color pardo de los depósitos biológicos. Bien es verdad que éstos dan generalmente una reacción férrica, pero su color se debe a una mezcla de compuestos mangánicos (probablemente MnO_2 o Mn_2O_3); los compuestos férricos no presentan un color tan marcado, siendo en realidad casi incoloros en capas muy delgadas. Así, cuando sólo existen tales capas, como en los tubos de *Sphaerotilus natans*, únicamente se puede observar un débil matiz amarillento bajo el microscopio.

La razón probable de que las sales de manganeso no se puedan usar solas para el desarrollo de los ferroorganismos es que a los valores de *p*H a que pueden existir tales organismos, la oxidación de los compuestos de manganeso no se produce fácilmente. Cuando se hallan presentes los compuestos ferrosos u orgánicos y resultan oxidados por el oxígeno molecular, es probable que sólo uno de ambos átomos se use primeramente y el otro quede en un estado activado y oxide los iones de manganeso. Ambos metales van a menudo juntos en la naturaleza, pero la pureza del hierro de los pantanos se debe en parte a ser un producto de *Sphaerotilus natans*, que no precipita los compuestos mangánicos, y en reducidas cantidades su envoltura es incolora, por lo que se ha afirmado muchas veces que no contiene hierro.

Por lo demás, los ferroorganismos, aparte de oxidar los compuestos de hierro y de manganeso, pueden presentar hábitos nutritivos muy diversos. *Gallionella* es con toda probabilidad estrictamente quemo-autotrófico e incapaz de utilizar compuestos orgánicos; *Sphaerotilus natans* es ambitrófico y hace uso de substratos oxidables tanto orgánicos como inorgánicos; y *S. discophorus* es mixotrófico, consumiendo ambos simultáneamente. Sin embargo, ambas especies de *Sphaerotilus* se desarrollan bien sin depositar envolturas inorgánicas, y existen otros muchos ferroorganismos en cuyo metabolismo la oxidación de los compuestos inorgánicos no tiene evidentemente gran importancia. Esos son o bien algas clorofílicas que existen fotosintéticamente (como por ejemplo *Myxophyceae*, *Euglena*, *Spirogyra* y algunas *Chlamydomonadaceae*), o bien flagelados incoloros, pertenecientes a *Monadaceae*, *Amphimonadaceae* o *Bikosoecaceae*, *v.g. Poteriodendron* (Fig. 7). Esos flagelados son fagotróficos, sistema de nutrición que se caracteriza por la captura de partículas alimenticias, digeridas luego en vacuolas del citoplasma.

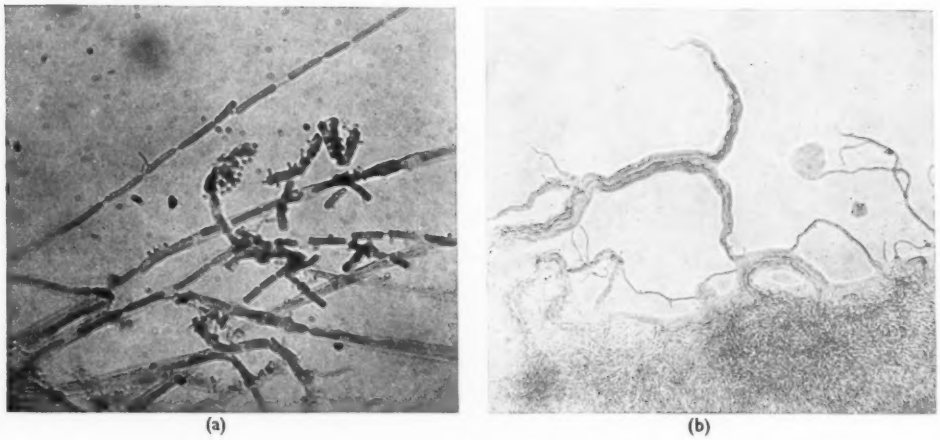
ECOLOGIA

El *habitat* de los ferroorganismos es muy variado, pero se caracteriza por lo general por su proximidad a lugares donde se encuentra hierro y manganeso en estado reducido y donde hay también oxígeno. Al catalizar la oxidación de dichos compuestos metálicos, los ferroorganismos se convierten en los reactores en los que se produce la

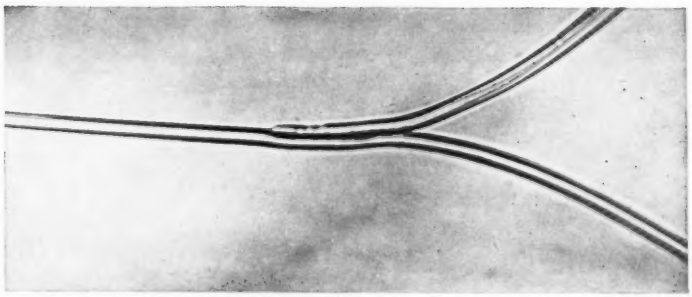


(a) (b)

FIGURA 1 – Bikosoeca petiolata. (a) *Copas de hidróxido férrico.* (b) *Las mismas, tras reacción con azul de Prusia. Nótese la diferencia en la tinción.* (× 580. *Foto de C. F. Robinow, Strangeways Research Laboratory, Cambridge.*)



(a) (b)



(c)

FIGURA 2 – Sphaerotilus natans. (a) *Crecimiento sobre una lámina de vidrio inmersa en lodo activado; filamentos y varillas. Delicadas envolturas, con falsa ramificación a punto de iniciarse en un filamento de la izquierda: teñidas.* (× 840. *Foto de T. G. Tomlinson, Water Pollution Research Laboratories, Birmingham.*) (b) *Colonia sobre agar; desarrollo en filamentos rizados y paralelos.* (× 45. *Foto de C. F. Robinow.*) (c) *Forma de* Cladothrix, *con falsa ramificación y espesa envoltura de* Leptothrix *de hidróxido ferroso.* (× 770. *Foto de C. F. Robinow.*)

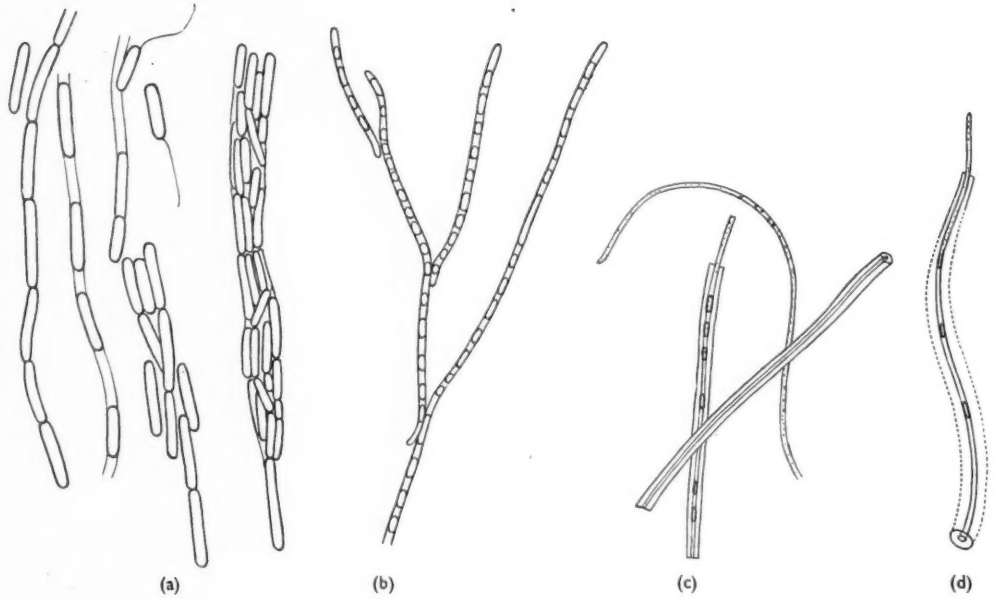


FIGURA 3 – Sphaerotilus natans. (a) *Forma de aguas muy contaminadas, con envolturas delicadas que en lugares se ablandan y ensanchan de modo que se forman agrupaciones de más de una línea de varillas bacterianas; se forman también enjambres parecidos a los de* Pseudomonas. (b) *Forma de* Cladothrix, *de aguas con pocas substancias orgánicas. Las envolturas son delicadas y sin depósitos de compuestos férricos, pero sí lo suficientemente recias para mantener unidas las varillas bacterianas.* (c) *Forma de* Leptothrix *con sólidas envolturas incoloras que parecen tubos de cristal, y un filamento sin cubierta.* (d) Sphaerotilus discophorus; *cubierta parda, mal definida, ancha y conoide.*

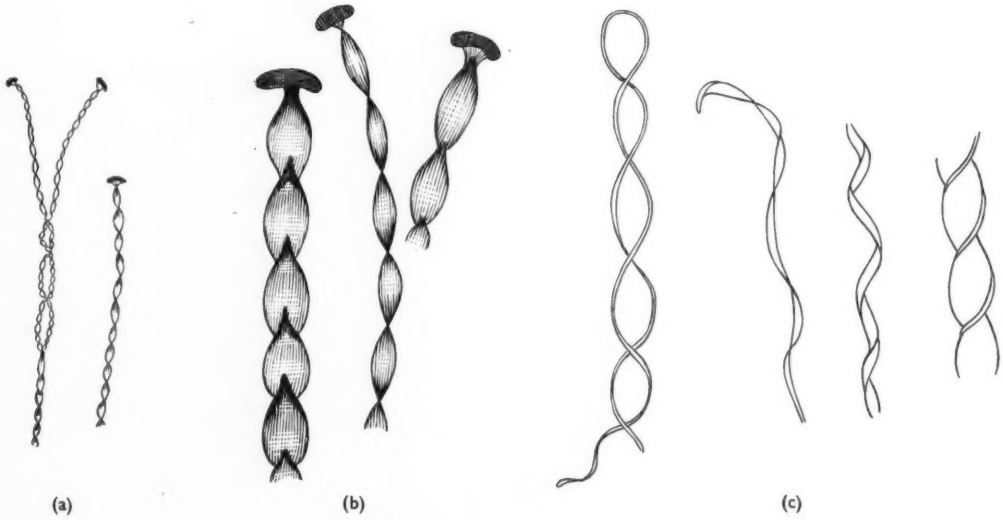


FIGURA 4 – Gallionella ferruginea. (a) *Células bacterianas en el extremo de tallos retorcidos exudados por las mismas y que consisten de hidróxido férrico teñido con manganeso; a la izquierda: aspecto después de la división.* (b) *Las mismas, con mayor ampliación.* (c) *Diversas formaciones de tallos; izquierda: dos tallos entrelazados.*

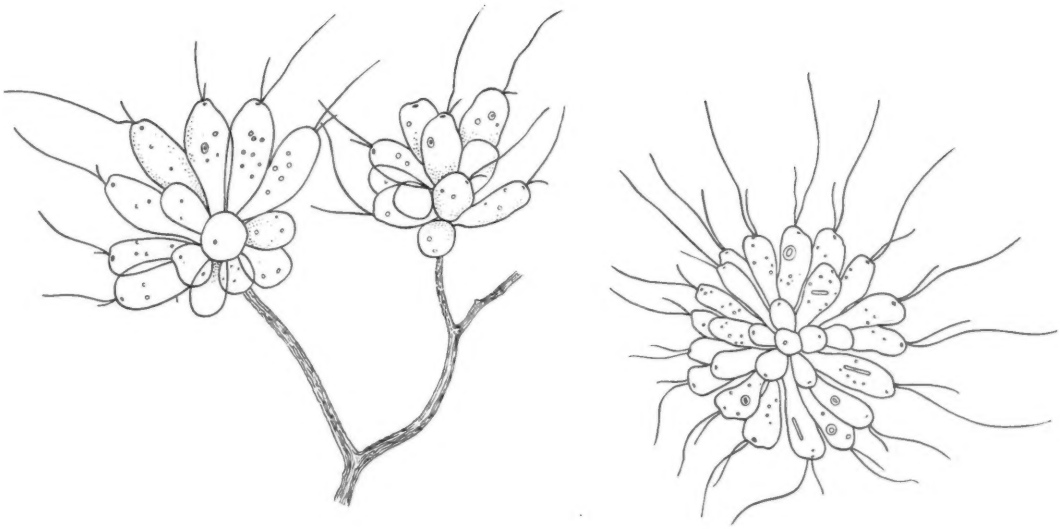


FIGURA 5 – Anthophysa vegetans. *Forma con tallo y forma libre.*

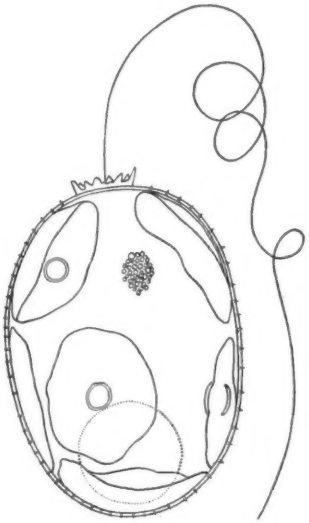


FIGURA 6 – Trachelomonas hispida. *Célula euglenoide con una envoltura de compuestos de hierro y manganeso, adornada con una corona y espinas. También se observan los cromatoforos, el «ojo» y el flagelo; el núcleo se encuentra en la parte inferior.*

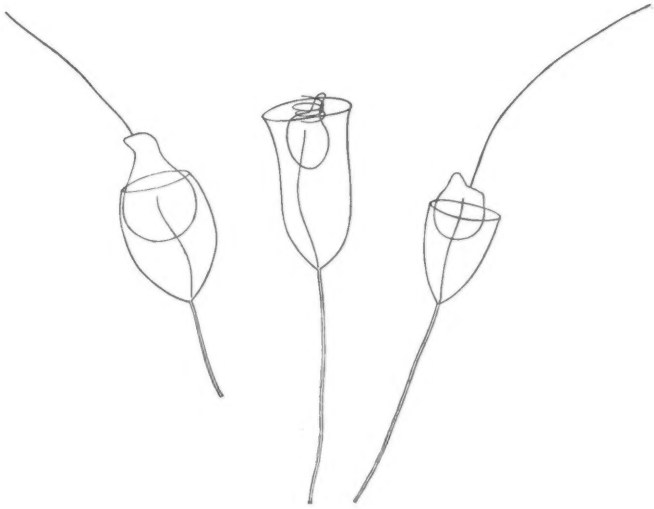


FIGURA 7 – Bikosoeca lacustris (*izquierda*) *y* Bikosoeca (Poteriodendron) petiolata; *con copas plenamente desarrolladas de hidróxido férrico incoloro y flagelos pescadores (enrollado en la del centro); (derecha: la misma antes de la completa formación de la copa.*

transferencia de energía, como sucede por ejemplo en el agua de los pozos cálibes, la cual contiene bicarbonato ferroso formado por la acción del anhídrido carbónico sobre las rocas ferruginosas. Parece que una capa de anhídrido carbónico sobre la superficie del agua puede detener la autooxidación impidiendo que el oxígeno atmosférico llegue hasta la disolución. Cuando dichas aguas cálibes se embotellan para su uso medicinal, los organismos deben quedar destruídos por medio de la pasteurización o hallarse presente en la botella una cantidad sobrante de anhídrido carbónico, ya que de otro modo las ferrobacterias precipitan todo el hierro y el agua queda sin valor. Tanto *Gallionella ferruginea* como la llamada *Leptothrix ochracea* son viables y activas en dichas aguas.

Otros lugares de desarrollo de los ferroorganismos son los bordes de los fangales por los que corren aguas ácidas sobre capas geológicas ferruginosas; el agua disuelve los compuestos ferrosos y se neutraliza. Las substancias del *humus* acídico de los fangales tiene una doble acción: mantiene el hierro y el manganeso en disolución como compuestos complejos, impidiendo la oxidación. Ambos efectos pueden demostrarse experimentalmente en modelos de pequeña escala. De manera semejante, en los charcos y manantiales contaminados (por ejemplo, allí donde las substancias orgánicas se derivan de los excrementos de ganado y averío), también quedan reducidos el hierro y el manganeso, produciéndose una formación de complejos. En tales lugares puede ser muy pronunciado el desarrollo de toda clase de ferroorganismos.

Es difícil establecer el estado en que se encuentran el hierro y el manganeso en las aguas contaminadas. La mayor parte no parece hallarse en forma de iones sino de compuestos complejos con agentes de quelación de distinto grado de estabilidad, tomando parte en las reacciones biológicas sólo los iones libres y activos. Cuando éstos se consumen son remplazados por otros, perturbándose el equilibrio inestable. Como la toxicidad de los compuestos ferrosos y manganosos queda así reducida, este tipo de acción acumulativa es beneficiosa para los organismos, además de impedir la oxidación y precipitación de compuestos que así resultarían inutilizables. Los organismos parecen obtener su ración de tales compuestos metálicos por medio de ciertos agentes de quelación situados en la capa superficial del citoplasma, pero el poder fijativo de los distintos organismos es muy variable. Puede por tanto suponerse que los ferroorganismos tienen substancias quelantes menos activas y por consiguiente pueden desarrollarse en aguas en las que otros organismos perecen por los efectos tóxicos de los iones de hierro y manganeso.

Las ferrobacterias tienen parte importante en la oxidación de tuberías y de otras estructuras de hierro enclavadas en el suelo o el agua. Primeramente utilizan el bicarbonato ferroso producto de la acción del anhídrido carbónico acuoso sobre el hierro de forja, y luego mediante la formación de una costra que separa las zonas donde predominan los procesos de reducción de otras en las que se produce la oxidación. No se conoce la existencia de ferroorganismos en las aguas de mar, que precipitan las substancias del *humus* y otros agentes formadores de complejos y en las que no parece formarse el bicarbonato ferroso, debido a la acción alcalina y a la presencia de concentraciones excesivas de sales de magnesio y calcio.

REFERENCIAS

[1] BEGER, H. *Gas- u. Wasserfach*, **80**, 779, 886, 908, 1937; **81**, 35, 82, 1938.

[2] CHOLODNY, N. *Ber. disch. bot. Ges.*, **40**, 326, 1922.

[3] *Idem. Ibid.*, **42**, 35, 1924.

[4] *Idem.* «Die Eisenbakterien, Beiträge zu einer Monographie». Pflanzenforschung, Vol. 4. Ed. Kolkwitz, Jena, 1926.

[5] COHN, F. *Beitr. Biol. Pfl.*, **1**, 108, 1870.

[6] *Idem. Ibid.*, **1**, 185, 1875.

[7] DEFLANDRE, G. «Monographie du genre Trachelomonas». Nemours, 1926.

[8] DORFF, P. «Die Eisenorganismen (Systematik und Morphologie)». Pflanzenforschung, Vol. 16. Ed. Kolkwitz, Jena, 1934.

[9] EHRENBERG, C.G. *Ann. Phys. Lpz.*, **38**, 213, 455, 1836.

[10] KÜTZING, F. T. «Phycologia germanica, d.i. Deutschlands Algen in bündigen Beschreibungen». Nordhausen, 1843.

[11] LIESKE, R. *Jb. wiss. Bot.*, **49**, 91, 1911.

[12] *Idem. Zbl. Bakt.* (2. Abt.), **39**, 369, 1919.

[13] MOLISCH, H. «Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen». Jena, 1892.

[14] *Idem.* «Die Eisenbakterien». Jena, 1910.

[15] NAUMANN, E. *K. svenska VetenskAkad. Handl.*, **62**, No. 4, 1921.

[16] PRINGSHEIM, E. G. *Phil. Trans. B*, **232**, 311, 1946.

[17] *Idem. Ibid.*, **233**, 453, 1949.

[18] *Idem. Biol. Rev.*, **24**, 200, 1949.

[19] SACHS, J. *S. B. Akad. Wiss. Wien.*, **36**, 5, 1859.

[20] TEICHMANN, E. «Vergleichende Untersuchungen über die Kultur und Morphologie einiger Eisenorganismen». *Diss. Prag. dtsch. Univ.*, 1935.

[21] WINOGRADSKY, S. *Bot. Ztg*, **46**, 262, 1888.

[22] *Idem. Zbl. Bakt.* (2. Abt.), **57**, 1, 1922.

El ozono en la atmósfera terrestre

G. M. B. DOBSON

El ozono existe en la atmósfera en mínimas cantidades y a grandes alturas. Estudio de su importancia meteorológica. El ozono atmosférico absorbe parte de las radiaciones ultravioleta del Sol. Esta última propiedad suministra un método apropiado de mensuración del ozono atmosférico. Su distribución vertical se determina mediante el uso de cohetes y globos. La densidad del ozono en la atmósfera depende de la latitud, siendo más baja en el ecuador. Sin embargo, a latitudes más altas varía en las distintas épocas del año. Por medio de mapas y gráficas puede correlacionarse el contenido ozónico con la temperatura y la presión atmosféricas en diversos puntos de observación.

El ozono es uno de los gases raros de la atmósfera terrestre, habiendo por término medio sólo una molécula de ozono por cada cuatro millones de las de los otros gases. Además, esta pequeña cantidad de ozono se halla principalmente a gran altitud, a más de 10 km, y el centro de masa del conjunto del ozono está a más de 20 km de altura. Por lo tanto cabe preguntar por qué este gas tiene especial interés meteorológico. Hay cuatro razones principales:

1. Posee una intensa banda de absorción para la radiación ultravioleta entre 3200 Å y 2200 Å, y absorbe así prácticamente toda la radiación solar entre esas longitudes de onda. Una consecuencia de esto es la existencia de una región de temperatura relativamente alta a unos 40 o 50 km. Además, el ozono posee una intensa banda de absorción para la radiación infrarroja centrada a unos 9,7 μ. Absorbe, pues, una parte apreciable de la radiación emitida por la tierra y puede ser importante para el equilibrio térmico de la estratósfera inferior.
2. Se ha observado que la cantidad de ozono en la atmósfera de cualquier lugar aparte de los trópicos experimenta notables variaciones diurnas. Las variaciones del 25% son comunes entre dos días consecutivos y es interesante observar que están íntimamente relacionadas con otras condiciones meteorológicas, tales como las depresiones y anticiclones que condicionan el estado del tiempo.
3. La distribución del ozono sobre el mundo es muy particular, y es probable que un conocimiento más profundo permitirá establecer conclusiones sobre la circulación general de la atmósfera a niveles elevados.
4. La cantidad de ozono en el aire cerca del nivel del suelo es muy reducida. Este ozono se descompone rápidamente en oxígeno por las substancias orgánicas de la superficie y es continuamente reemplazado por nuevo ozono acarreado por las turbulencias desde las capas superiores. Un estudio de las variaciones del ozono superficial nos dará, por lo tanto, información sobre las turbulencias de la atmósfera inferior.

FORMACION DEL OZONO ATMOSFERICO

Aunque no existe una prueba fehaciente es muy probable que el proceso principal de la formación de ozono sea la acción de la radiación ultravioleta solar sobre el oxígeno de la atmósfera superior. Las reacciones fotoquímicas de la formación de ozono son:

$$O_2 + h\nu \rightarrow O + O \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$
$$O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M \quad \ldots\ldots (2)$$

mientras que las de su descomposición son:

$$O_3 + O_2 \rightarrow 2O_2 + O \quad \ldots\ldots (3)$$
$$O_3 + O \rightarrow 2O_2 \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$
$$O_3 + O_3 \rightarrow 3O_2 \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$
$$O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O \quad \ldots\ldots (6).$$

La cantidad de energía solar absorbida por el ozono en la reacción (6) es considerable, pero como el átomo libre de oxígeno se unirá rápidamente con una molécula de oxígeno produciendo de nuevo ozono (2) es probable que sea poco el ozono destruído de esta forma.

METODOS PARA LA MEDICION DE LA CANTIDAD DE OZONO EN LA ATMOSFERA

Cuando se desea determinar la cantidad total de ozono en la atmósfera el mejor método consiste en medir la absorción de la radiación solar y calcular así la cantidad de ozono atravesada por la radiación. Las longitudes de onda deben escogerse cuidadosamente, ya que si la absorción es

demasiado grande la radiación que llega al nivel del suelo será demasiado pequeña para una medición exacta, mientras que si la absorción es demasiado pequeña, los efectos de dispersión de la radiación a causa del polvo o de otros factores perturbadores sería relativamente grande, afectando la exactitud de las mediciones. La Fig. 1 muestra claramente la exactitud con que pueden obtenerse las mediciones realizadas en la clara atmósfera de Arosa, en donde las perturbaciones debidas al polvo y bruma son muy pequeñas. Se indican las cantidades de ozono medidas durante el día empleando tres distintas longitudes de onda. En este día dado, hubo sólo un cambio muy pequeño de ozono, y puede verse que la mayoría de las observaciones concuerdan dentro de ± 0,5%. Debe notarse que los valores obtenidos partiendo de tres longitudes de onda distintas son de hecho independientes entre sí. Cuando hay que realizar observaciones en lugares de atmósfera más brumosa la exactitud no es tan completa, pero como hay notables variaciones de un día a otro, e incluso dentro de un mismo día, la exactitud es en general suficiente.

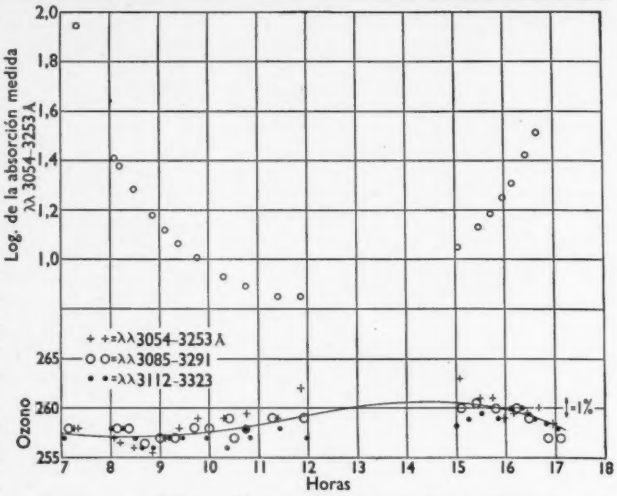


FIGURA 1 – *Valores del ozono durante el día en Arosa el 1 de Mayo, 1950, medidos en unidades de 0,001 cm, o espesor de una capa de ozono puro sin los otros gases del aire. Los círculos, cruces y puntos en la parte inferior de la figura dan las cantidades medidas empleando tres diferentes pares de longitudes de onda. Obsérvese la reducida discrepancia de los valores. Los círculos en la parte superior son las mediciones reales dadas por el instrumento para longitudes de onda de 3054–3253 Å. La gran variación de estos valores se debe a la cambiante trayectoria de la luz a través de la atmósfera a diferentes alturas del sol. Mientras las mediciones varían según una razón de 10 : 1, los valores del ozono deducidos de las mismas concuerdan dentro del 1%. (Por cortesía del Profesor Götz.)*

La concentración de ozono en el aire a un nivel dado, por ejemplo al nivel del suelo, puede determinarse fácilmente por un método químico. Quizás el más exacto es el desarrollado por el Dr. Ehmert, según el cual el aire pasa a través de un recipiente de absorción que contiene una disolución de yoduro potásico y tiosulfato sódico. El ozono deja yodo libre que es fijado por el tiosulfato y la medición consiste en determinar electrolíticamente la cantidad de tiosulfato remanente al final del experimento.

DISTRIBUCION VERTICAL DEL OZONO EN LA ATMOSFERA

El mejor método para hallar la distribución vertical del ozono en la atmósfera consiste en obtener el espectro solar ultravioleta para diferentes alturas, empleando cohetes o globos. Hasta ahora la mayoría de las mediciones con globos no han alcanzado más allá de 30 km, aunque se espera conseguir mayores alturas en el futuro. Los cohetes, naturalmente, pueden alcanzar alturas prácticamente superiores a todo el ozono y a tales niveles el espectro solar puede obtenerse libre de cualquier absorción.

Los resultados obtenidos con la ayuda de cohetes o globos son los mejores, pero las mediciones resultan difíciles y caras. Sin embargo, la distribución vertical puede obtenerse también partiendo de mediciones espectroscópicas de la luz celeste, empleando longitudes de onda absorbidas por el ozono, tales como las usadas para la determinación de la cantidad total de ozono. Dada una atmósfera bastante clara, las mediciones necesarias pueden realizarse con gran exactitud, pero los cálculos para la distribución vertical del ozono a partir de las mismas ofrecen grandes dificultades y los resultados han sido hasta ahora bastante inciertos. Esto es de lamentar, ya que las mediciones pueden realizarse fácilmente en gran número de días y sería de interés conocer las diferencias en la distribución vertical en días de condiciones meteorológicas diferentes y en distintas partes del mundo. No obstante, quizá pueda emplearse la distribución vertical obtenida mediante globos y cohetes para comprobar los resultados obtenidos partiendo de las observaciones al nivel del suelo.

Mientras que los diferentes resultados obtenidos hasta ahora no son muy concordantes, puede decirse que la altura media del ozono es de entre

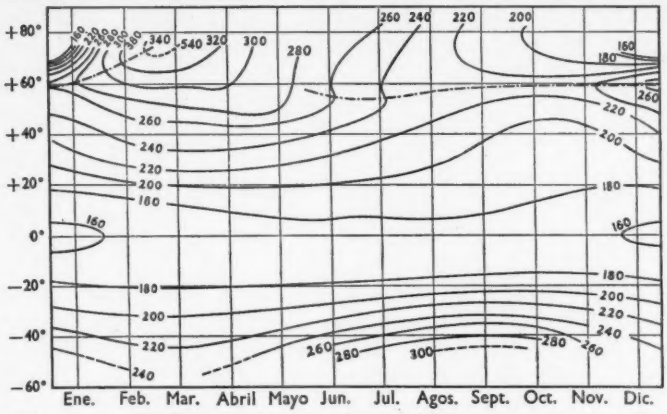


FIGURA 2 – *Isopletas que muestran el promedio de ozono para cada latitud a diferentes estaciones del año. (Por cortesía del Profesor Götz.)*

unos 20 y 25 km, mientras que la proporción máxima de ozono en el aire se halla a una altura 5 o 10 km mayor. Parece que es muy poco el ozono existente a menos de 10 o a más de 30 km.

DISTRIBUCION GENERAL DEL OZONO EN EL MUNDO

Como hemos indicado anteriormente, la distribución mundial del ozono para diferentes estaciones del año es muy particular y distinta de lo que cabe esperar. La Fig. 2 muestra las curvas isopletas del ozono, establecidas por Götz y basadas sobre todas las observaciones disponibles. Los puntos más interesantes son:

1. Los valores uniformemente bajos del ozono cerca del ecuador en todas épocas del año.
2. El aumento general de los valores del ozono hacia latitudes más altas.
3. La marcada variación anual del ozono a latitudes medias y altas, con valores máximos en la primavera en ambos hemisferios.
4. La indicación de valores máximos de ozono en el invierno hacia los 60° de latitud, con valores menores cerca del polo, aunque esta característica no es todavía cierta debido a insuficientes observaciones en las latitudes elevadas.

De las observaciones disponibles parece deducirse que los valores medios del ozono dependen solamente de la latitud y no de la longitud, pero no hay datos suficientes para indicar posibles diferencias entre lugares a igual latitud pero hacia el este o el oeste de grandes masas continentales.

Mientras los valores diarios medidos en lugares cercanos al ecuador muestran pequeñas variaciones, en las latitudes medias y altas tales variaciones son considerables.

VARIACIONES DEL OZONO CON EL ESTADO DEL TIEMPO

En la Fig. 3 la curva central muestra las variaciones diurnas del ozono medido en Oxford desde el 10 de Febrero hasta el 30 de Mayo de 1951. Los valores marcados son los valores medios de tres días consecutivos. Puede observarse que son corrientes las variaciones de 0,080 cm en el curso de unos pocos días; esto representa una variación de más del 25%. La curva superior muestra el espesor de la atmósfera existente entre los niveles de presión de 300 mb y 500 mb, esto es, representa la temperatura media de la atmósfera entre estas presiones, aproximadamente entre 9 km y 5 km. La curva inferior representa la altura de la tropopausa. Las dos últimas curvas dan los valores en Oxford. Los valores marcados son también valores medios de tres días consecutivos. La Fig. 3 muestra la notable conexión entre las variaciones del contenido de ozono en la atmósfera y las condiciones meteorológicas del aire superior. Las variaciones de temperatura y presión en la atmósfera y la altura de la tropopausa están íntimamente relacionadas y es difícil indicar cuál es la característica meteorológica que afecta más al ozono. La correlación entre el ozono y la temperatura de

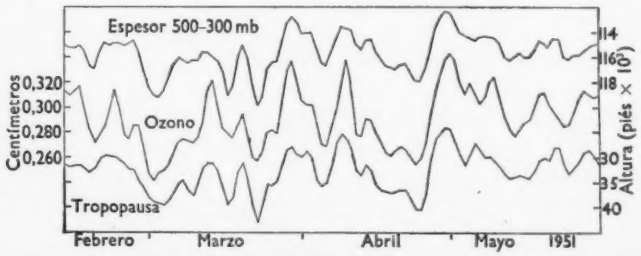


FIGURE 3 – *Curva central: Valores diarios para el ozono en Oxford desde el 10 de Febrero hasta el 30 de Mayo, 1951. Curva superior: Espesor de la capa entre los niveles de presión de 300 mb y 500 mb sobre Oxford (invertida). Es una medida de la temperatura media entre esos niveles. Curva inferior: Altura de la tropopausa sobre Oxford (invertida). (Las dos últimas curvas se han trazado a base de los valores dados en los mapas del* Aerological Record of the British Meteorological Office, *por cortesía de su Director.)*

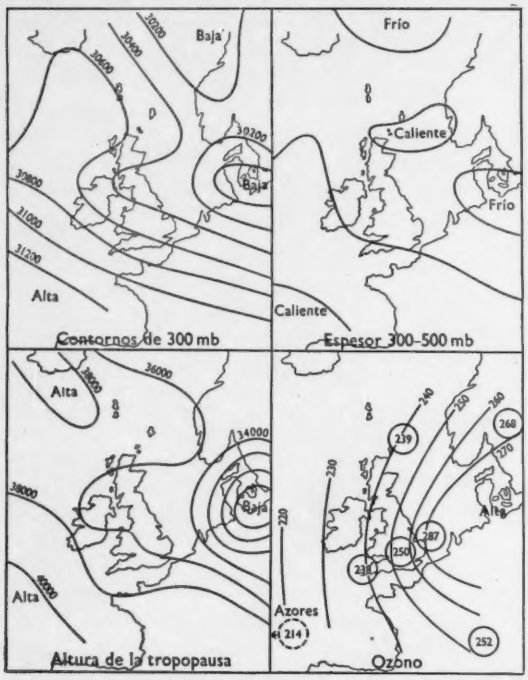


FIGURA 4 – *Condiciones del aire superior el 25 de Julio, 1951. Mapa superior izquierda: Contornos de la superficie de 300 mb (altura en piés). Mapa superior derecha: Espesor de la capa entre 300 mb y 500 mb en piés. Mapa inferior izquierda: Altura de la tropopausa en piés. Mapa inferior derecha: Valores medidos y distribución aproximada del ozono. (Los tres primeros mapas y los valores del ozono para los tres lugares en la Gran Bretaña (Lerwick, Downham Market y Camborne) se publican por cortesía del Director de la Oficina Meteorológica y los mapas han sido tomados del* Aerological Record.)

la tropósfera superior o la altura de la tropopausa, son ambas negativas y a fin de mostrar más claramente su relación se han invertido las curvas superior e inferior de la Fig. 3.

Un punto de cierta importancia es que mientras las fechas de máximos y mínimos en las tres curvas de la Fig. 3 muestran una estrecha concordancia, la magnitud relativa de los cambios no es constante. Así, el aumento entre el 22 y el 28 de Marzo es muy parecido para las tres curvas, pero el aumento del ozono entre el 5 y el 9 de Abril es relativamente mucho mayor que el de las otras dos curvas. Además, hay un máximo apreciable en el ozono el 8 y el 9 de Mayo, pero sólo un aplastamiento en el declive de las otras dos curvas.

Como el ozono está principalmente situado muy por encima de la base de la estratósfera, cabe esperar que las correlaciones entre el ozono y las otras condiciones meteorológicas a 20 km, por ejemplo, serán más íntimas que las correspondientes cerca de la base de la estratósfera o de la tropósfera superior. Las pruebas de observación sobre este respecto son algo contradictorias. Las correlaciones calculadas por Meetham, empleando datos obtenidos mediante el globo-sonda del tipo Dines, mostraban que las correlaciones entre el contenido de ozono y la temperatura potencial para una altura dada aumentaban con la altura hasta unos 18 km, que era la mayor altura para la cual se poseían suficientes datos. Investigaciones más recientes, valiéndose de datos obtenidos con radio-sondas publicados en el boletín meteorológico diario muestran una reducción de los valores de correlación a tan grandes alturas.

La Fig. 4 muestra las isopletas para las cuatro características siguientes: presión en la atmósfera superior (contornos de 300 mb), temperatura de la tropósfera superior (espesores de 300–500 mb), altura de la tropopausa, y el contenido de ozono. Los tres primeros mapas han sido tomados del *Aerological Record*, y dan los valores a las 15 hr del 25 de Julio 1951. Los valores del ozono son para el mediodía de la misma fecha. Hasta ahora las mediciones del ozono son facilitadas solamente por siete estaciones, siendo por lo tanto mucha la incertidumbre al dibujar las líneas de igual cantidad de ozono; sin embargo, está claro que el área de elevado contenido de ozono se halla íntimamente relacionada con el área de baja presión y baja tropopausa. Es interesante observar el valor relativamente bajo del ozono en las Islas Shetland asociado con un frente de alta presión y alta tropopausa que se extiende desde el oeste. La variación normal del ozono con la latitud daría un valor mayor para el ozono en las Shetland que en el sur de Inglaterra. En esta ocasión, la temperatura de la tropósfera superior mostró variaciones más bien pequeñas, pero en muchos casos la relación es parecida a la que hay con la altura de la superficie de 300 mb.

Cabe esperar que, dentro de poco, las mediciones del ozono atmosférico se realicen diariamente en ocho estaciones además de las indicadas en la Fig. 4, o sea, Spitzberg, Noruega, Islandia, Dinamarca, Irlanda del Norte, Francia, Bélgica y España. Cuando todas esas estaciones proporcionen datos diarios será posible tener una idea bastante exacta de la distribución del ozono sobre el occidente europeo.

Quizá los problemas principales que actualmente presentan las observaciones del ozono son la determinación de la causa de las variaciones del contenido de ozono en días sucesivos y la aclaración

de su relación con las otras características del aire superior. La teoría de advección supone que grandes corrientes polares o ecuatoriales llevan con ellas el ozono y las características meteorológicas de la atmósfera en su origen. El hecho de que las variaciones diarias del contenido de ozono a latitudes medias sean mayores en la primavera, cuando la diferencia entre la cantidad de ozono en el ecuador y en el polo es también mayor, concuerda con esta teoría; sin embargo, el examen de casos individuales de contenido alto o bajo de ozono muestra que, frecuentemente, el aire a niveles elevados no proviene directamente de las regiones polares o ecuatoriales respectivamente, y hay también ocasiones, especialmente en otoño, cuando el contenido de ozono en latitudes medias es mayor que el normal para las regiones polares.

Otra posible causa de las variaciones del ozono pueden ser las corrientes verticales de la atmósfera a la altura en donde se forma el ozono. Así una corriente descendente acarrearía hacia abajo aire rico en ozono, aumentando el ozono total en una columna vertical, mientras que corrientes ascendentes acarrearían el aire pobre en ozono hacia las regiones normalmente de alta concentración del mismo.

EL OZONO EN LA ATMOSFERA INFERIOR

La cantidad de ozono en un metro cúbico de aire en la superficie terrestre probablemente no es nunca más de una décima del existente a 20 km, mientras que la proporción de ozono relativa al aire no es más que una centésima de la que existe a unos 30 km.

La cantidad al nivel del suelo varía considerablemente y a veces puede ser prácticamente nula. Es probable que dicho ozono ha sido acarreado por las turbulencias desde las regiones superiores ricas en ozono. La vida del ozono será muy corta en el aire que contenga cualquier substancia oxidable, tal como el humo, y la cantidad presente en las zonas inferiores del aire representará el equilibrio entre la velocidad con que es acarreado hacia abajo y aquélla con que es destruído. Como cabe esperar, hay una acentuada variación diurna con reducidos valores por la noche y valores elevados durante el día cuando la convección es intensa.

Revista de libros

AGRICULTURA

British Agricultural Bulletin. Mayo 1952. 64 págs., con numerosas ilustraciones a medio-tono. The British Council, Londres. 4s. por número. Subscripción anual 21s.

Este boletín es una publicación bimensual bien equilibrada e ilustrada del departamento de agricultura del *British Council*, que ha alcanzado su quinto año de publicación. En un principio su propósito era informar sobre las investigaciones agronómicas y agrícolas británicas a los países del *Commonwealth* e Imperio y a todos los países extranjeros a donde pudiera enviarse. Recientemente, este propósito se ha extendido para facilitar las enseñanzas derivadas de las prácticas agrícolas en el *Commonwealth* a los agricultores del resto del mundo.

Dicho propósito resulta evidente en el número bajo reseña, que contiene valiosos artículos sobre el progreso agrícola en Irlanda del Norte (un estudio histórico), la importancia de la agricultura en la economía canadiense, y un estudio de los trabajos en realización en el Instituto de Investigaciones Agrícolas de Pretoria, Africa del Sur. El interés que se siente en el extranjero por la industria ganadera británica fundamenta los artículos, con excelentes ilustraciones, sobre la exposición de ganado lechero en Escocia, 1952, y otros acontecimientos ganaderos.

También se reproducen notables artículos científicos e informes publicados en otros lugares; el boletín contiene además una completa revista de libros.

J. EDWARDS

ASTRONOMIA

LOVELL, BERNARD y CLEGG, J. A. *Radio Astronomy.* 238 págs., con 120 figuras. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 16s.

Es muy apropiado que una serie editorial titulada «Fronteras de la Ciencia» incluya un volumen dedicado a la radio-astronomía, ya que aunque el descubrimiento de que las radio-ondas inciden sobre la tierra a partir de alguna fuente estelar de energía fué realizado por Jansky en 1931, dichos estudios son esencialmente una nueva rama científica cuyo desarrollo ha tenido lugar casi enteramente durante los últimos siete años. Esta materia se ha desarrollado con una rapidez sin precedentes, gracias a la extensa aplicación de los métodos radáricos durante la última guerra, contando ya con extensa literatura. El instrumental y métodos usados son los mismos del ingeniero de radar y muy distintos de los empleados en otras ramas de la astronomía. Los resultados obtenidos son tan importantes que era necesario realizar un estudio general del tema. Y es propio que el autor *senior* de este libro sea el ocupante de la primera cátedra universitaria de radio-astronomía que se ha creado.

Para que el libro sea de utilidad a un gran número de lectores, los autores comienzan por exponer las ideas fundamentales de la astronomía, por un lado, y de los métodos de radio-investigación por otro. A continuación se estudian las aplicaciones de los métodos radáricos para el estudio de los meteoros, y los resultados obtenidos. Luego tratan de las observaciones de las radio-emisiones solares y galácticas y su posible interpretación, del curioso fenómeno de las radio-estrellas, del uso de

los métodos radáricos para las investigaciones lunares y de la *aurora polaris*, y su posible extensión a los planetas y el *Gegenschein*. Este volumen sirve de excelente introducción a estos estudios.

Se ha aprobado la construcción (que muy pronto comenzará a realizarse) de un gran radio-telescopio, bajo la dirección del Profesor Lovell: es un paraboloide dirigible de 80 m de apertura. Con dicho instrumento será posible ampliar muchos de los temas de investigación incluídos en este libro, siendo inevitable que muy pronto necesite ser revisado, y sin duda aumentado, en una nueva edición del mismo.

H. SPENCER JONES

BIOLOGIA

MORTON, A. G. *Soviet Genetics*. 174 págs. Lawrence and Wishart, Londres. 1951. 15s.

Podría escribirse un ensayo muy interesante sobre la función de la crítica en la ciencia. La literatura, la música y el arte tienen sus críticos profesionales; la ciencia, no. Con todo, la crítica funciona con bastante efectividad en el mundo científico; comienza por ignorar los trabajos triviales, que no alcanzan un lugar en las monografías. Los estudios inexactos, si tratan de temas de suficiente importancia quedan, tarde o temprano, desenmascarados por investigaciones de más calidad. Y hasta existe una técnica reconocida para contradecir las afirmaciones de otro investigador: no mediante contra-afirmaciones ni, hoy en día, enzarzándose en ingeniosas polémicas, sino por medio de la publicación de datos tan cuidadosamente documentados que convenzan a todo lector y sean al mismo tiempo totalmente inconsistentes con las afirmaciones del otro investigador.

Esta técnica crítica plantea un importante problema. ¿Cómo hemos de saber cuando la afirmación de un científico es tan improbable, tan fantástica, que sus colegas no tienen obligación alguna de comprobarla y pueden rechazarla sin más ni más? El hombre de ciencia verdaderamente experimentado responderá: nunca. Y sin embargo, eso es lo sucedido en la triste historia de la controversia entre las llamadas genética occidental y soviética. Una nación que ha dado a luz a Mendeleev, Lobachevsky, Pavlov y Vavilov no puede desdeñarse científicamente. La misma nación ha producido también a Lysenko, hoy académico y Director de un importante instituto. Lysenko afirma haber cambiado la herencia de ciertas plantas por medio de un tratamiento experimental. ¿Cómo pueden comprobar otros científicos tal afirmación? El procedimiento admitido sería: 1, traducir sus escritos; 2, examinar las técnicas usadas y los datos de los que deriva sus conclusiones; y 3, repetir sus experimentos y publicar los resultados. Pero no hay más que echar una ojeada a los comentarios de los biólogos británicos y norteamericanos sobre las investigaciones de Lysenko para comprender que el procedimiento normal de la crítica científica ha quedado paralizado cuando se trata de enjuiciar la genética soviética. Así, cuando en 1949 un profesor norteamericano escribió un libro sobre la controversia de la genética rusa e incluyó en él una bibliografía de cuatro páginas en la que aparecían numerosos y muy distinguidos geneticistas británicos y norteamericanos, ninguno de éstos había repetido los experimentos de Lysenko antes de aventurarse en sus afirmaciones.

¿Qué motivo hay para ello? En parte puede atribuirse al estilo un tanto florido e histérico de los escritos de Lysenko; pero sólo en parte, porque la mayoría de sus críticos no han leído sus trabajos originales. Puede atribuirse en parte también a que Lysenko refuta incidentalmente las conclusiones de todos los demás geneticistas; pero esto, naturalmente, no prueba que sus propios datos experimentales sean erróneos. Y en parte podemos atribuirlo a que los datos originales están en ruso, y el ruso es un idioma poco familiar, hablado por gentes cuyas ideas políticas nos disgustan. Aun teniendo en cuenta todas estas razones, no podemos menos de pensar que el rechazamiento de las aserciones de Lysenko no se ha efectuado de acuerdo con la dignidad y tradiciones de la ciencia europea, aunque más adelante la historia confirme que deben ser rechazadas. Sólo existe en inglés un relato completo de la repetición de uno de los experimentos claves de Lysenko: el estudio de Wilson y Wittmer en el *American Journal of Botany*, Vol. 33, 1946: y aun este trabajo no ha merecido mención de los críticos de Lysenko. Ni siquiera el cuidadosísimo estudio en alemán de E. Sankewitsch, *Arbeitsmethoden der Mitchurinschen Pflanzenzüchtung*, 1950, incluye los datos suficientes para que el lector pueda formar juicio propio.

Lo que se necesita, por tanto, no son escritos propagandistas de indignados biólogos occidentales, que nunca utilizarían el mismo método para la crítica de otro occidental, sino una traducción exacta de los escritos fundamentales sobre los que basan sus afirmaciones los geneticistas soviéticos, junto con un comentario sobre las técnicas prácticas por ellos utilizadas. A primera vista, el libro del Dr. Morton parece prometer algo semejante; el autor dice haber tenido acceso y haber traducido por sí mismo algunos de los escritos. Tiene una preparación biológica y parece, a primera impresión, escribir para sus colegas biólogos. Uno espera por tanto hallar en la obra el método tradicional de crítica occidental: un sumario imparcial de los datos de Lysenko y los comentarios suficientes para permitir al lector formar juicio sobre si dichos datos merecen seria consideración. Existe, por ejemplo, un importante estudio de A. A. Avakyan y M. G. Yastreb en la revista *Yarovisatsia* sobre la hibridización por injerto en los tomates, con planchas en color y diez tablas: todo geneticista que lea dicho trabajo puede llegar a formar sus propias conclusiones sobre la buena fe de la ciencia soviética. Es de presumir que el Dr. Morton ha tenido acceso a ese estudio, ya que cita otro trabajo de Berezniakovskaya publicado en el mismo volumen. Si lo hubiera traducido, con otros similares, habría prestado un gran servicio a la ciencia genética de ambos lados del telón de acero, pues hubiera aclarado una de las tergiversaciones de las doctrinas de Lysenko.

Pero el Dr. Morton no ha prestado tan útil servicio: su libro no sirve para aclarar ninguna tergiversación. En vez de ello, simplemente nos dice, sin apenas dato cuantitativo alguno, sus propias impresiones sobre los trabajos de los geneticistas soviéticos. Su actitud frente a las aserciones de Lysenko y su escuela está profundamente influída por sus propias doctrinas filosóficas, que se parecen mucho a las de un marxista. Defiende, por ejemplo, la opinión dialéctica de que «la prueba decisiva de la exactitud de una teoría . . . estriba en el uso que de dicha teoría pueda hacerse para controlar prácticamente la naturaleza por medio de su transformación». Si lo consideramos como un sumario de la genética michuriniana escrito para michurinianos, el libro tiene concisión y competencia; pero si lo que buscamos es una presentación objetiva de la genética michuriniana para uso del hombre de ciencia que desea conocer los datos aportados por dicha doctrina, el libro no puede recomendarse.

E. ASHBY

FISICA

ELLIOT, A. y HOME DICKSON, J. *Laboratory Instruments—Their Design and Application.* 414 págs. Chapman and Hall Limited, Londres. 1951. 32s.

Este libro contiene gran riqueza de información de valor práctico para el investigador que tiene que diseñar su propio instrumental, y debiera asimismo ser útil para todos los que se dediquen a la construcción de instrumentos. Se basa en la extensa experiencia que los autores han ido acumulando durante largos años de investigaciones, y la aplicación de los principios establecidos debiera permitir al investigador principiante diseñar instrumentos que funcionen perfectamente con un mínimo de complicación. Los autores no intentan agotar el tema del estudio de la construcción de instrumentos; su interés principal se encuentra en los instrumentos de construcción mecánica y en los ópticos.

Los primeros capítulos tratan de las propiedades y tratamiento de los diversos materiales, la preparación de los planos para el trabajo de taller y los límites de la maquinaria de los mismos. Se encuentra un detallado estudio del diseño cinemático de los instrumentos, con excelentes ejemplos de piezas simples y efectivas construídas de acuerdo con dichos principios. Siguen después algunos capítulos sobre el aislamiento anti-vibratorio, sensibilidad y métodos de medición. La importancia de los instrumentos ópticos y fotográficos en casi todas las ramas de la investigación exige un estudio especial de los mismos, y en este libro se halla mucha información que no aparece normalmente en libros de óptica. Se incluyen numerosas tablas de gran valor y diagramas ilustrando el uso de lentes, espejos y prismas, y finalmente una serie de apéndices con datos misceláneos sobre los diversos tópicos tratados en el libro.

W. C. PRICE

HITCHINS, H. L. y MAY, W. E. *From Lodestone to Gyro-compass.* 219 págs., con numerosas ilustraciones a línea y medio-tono. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1951. 12s. 6d.

La gran importancia que tiene la brújula—tanto la magnética como la giroscópica—para la navegación ha producido numerosos libros de alta especialización, en los que se estudian los detalles de su construcción, instalación y mantenimiento bajo diversas condiciones. La obra presente es de tipo muy distinto: no se dirige al utilizador de brújulas, sino a quien, por curiosidad general, se interese en la historia y formas presentes de tan curioso instrumento. Los autores satisfacen plenamente dicho propósito dentro de un volumen reducido, en el que los términos técnicos están limitados a un mínimo. En el capítulo final se estudian las brújulas de sol, que prestaron en sus diversas formas, grandes servicios durante las luchas en el desierto norteafricano en la última guerra.

La necesidad creciente de una navegación de extremada precisión tanto en el mar como en el aire da extraordinaria importancia a la preparación de cartas magnéticas de gran exactitud. Es por consiguiente de lamentar la decisión tomada por el Almirantazgo británico de interrumpir la construcción del barco de madera anti-magnético *Research*, que hubiera podido continuar las valiosas investigaciones realizadas por el yate anti-magnético norteamericano *Carnegie* antes de ser destruído por el fuego en 1929.

MOTT, N. F. (Compilador). *Advances in Physics.* Vol. I, Nº 1. 109 págs. Taylor and Francis, Londres. 1952. 15s. (Cuatro números, 55s.)

Esta publicación es un suplemento de la revista *The Philosophical Magazine.* El propósito de su compilador, N. F. Mott, es publicar reseñas informativas escritas por expertos y dedicadas a expertos, sobre todos los temas de actualidad en el campo de la física y en algunas ramas de las matemáticas aplicadas. La publicación trimestral de *Advances in Physics* debe permitir la aparición de las reseñas mucho más rápidamente que, por ejemplo, en los *Annual Reports on Progress in Physics* de la *Physical Society.* Cada número contendrá un grupo de artículos sobre temas más o menos relacionados entre sí, a fin de interesar al investigador que no es suscriptor de la publicación. El primer número contiene tres artículos; uno, sobre electrones en los metales, por E. H. Sondheimer; otro, sobre la generación de vacíos en dislocaciones en movimiento, de F. Seitz; y otro, sobre el crecimiento y las dislocaciones cristalinas, de F. C. Frank. Dichos artículos alcanzan un nivel muy elevado y permiten, por su extensión, un estudio suficiente del tema elegido. Los siguientes números tratarán del helio líquido, la teoría de las dislocaciones, y las capas superiores de la atmósfera. Cada número ha de tener una recepción muy favorable entre los especialistas del tema tratado, pero el investigador físico que desee mantenerse al día en los desarrollos de otras ramas de la física continuará utilizando para dicho propósito los *Annual Reports* arriba mencionados.

J. M. M. PINKERTON

GEOFISICA

RUSSELL, R. C. H. y MACMILLAN, D. H. *Waves and Tides.* 348 págs., con 16 planchas y numerosos diagramas a línea. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1952. 25s.

Se trata en este caso, en realidad, de dos libros en uno: la sección sobre las olas, de Mr. Russell es totalmente independiente de la que estudia las mareas, del Comandante MacMillan. Ambas están escritas para el lector que busque una información general, pero precisa, de los datos hoy conocidos sobre materias tan poco tratadas. Los autores siguen una línea equidistante entre un texto completo y avanzado y la popularización científica, lo cual constituye un verdadero valor.

En la sección sobre las olas se presentan lúcidamente las teorías de Airy, Stokes, Rankine, Kelvin y otros, comparándolas con los datos obtenidos por Cornish y por las recientes investigaciones del laboratorio del Almirantazgo británico. Se estudian con alguna extensión los efectos de reflexión, difracción y refracción, las corrientes de olas, y la generación de olas por el viento, existiendo también valiosos capítulos sobre la presión de las olas y los movimientos de materiales producidos por éstas en relación con la erosión costera y los daños causados por las tormentas en las construcciones marinas.

La segunda parte del libro trata de las mareas de manera menos detallada pero más amena que el libro oficial del Almirantazgo *Manual of Tides* (Manual de Mareas), estudiándose la teoría de equilibrio hoy aceptada, la teoría moderna sobre las mareas y su predicción, de forma clara y sin complicaciones matemáticas; otros capítulos se refieren a las corrientes de marea y a los efectos atmosféricos sobre las mareas y de éstas sobre la navegación. Se incluye además una interesante reseña histórica de este tema.

FERGUS ALLEN

INDUSTRIA

CARBONI, PAOLO. *Silk: Biology, Chemistry, Technology.* XI + 248 págs., con numerosos diagramas a línea e ilustraciones a medio-tono. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 37s. 6d.

La obra del Dr. Carboni trata de la biología, química y tecnología de la seda,

subrayando las características físicas y químicas del capullo y de la seda cruda comercial. El devanado y pruebas a que se somete la seda cruda están descritos total y autoritativamente, pero, como es natural, con particular referencia a las prácticas italianas. Hay capítulos interesantes sobre el torcido de la seda y la producción de hilados a base de desechos.

El libro, sin embargo, tiene muchos aspectos criticables. Le falta solidez científica, conteniendo muchos errores que con una segunda lectura se hubieran eliminado. La traducción peca de confusionismo y falta de precisión y de un desconocimiento de la terminología de la tecnología de la seda. Las ilustraciones a línea están bien reproducidas, pero algunas de medio-tono (especialmente la fotografía de rayos X de la seda) son completamente inservibles. La edición italiana de la obra se publicó en 1947 y en la presente traducción inglesa no se hace siquiera mención a los recientes descubrimientos sobre la fibroína y sericina de la seda. Con un poco más de cuidado en éstos y otros puntos, la obra hubiera sido una contribución valiosa a la literatura textil.

F. O. HOWITT

QUIMICA

CLOW, ARCHIBALD y NAN. *The Chemical Revolution.* XIV + 680 págs., con numerosas ilustraciones a medio-tono. Batchworth Press Limited, Londres. 1952. 50s.

Este libro, que sus editores describen como una contribución a la tecnología social, tiene carácter único y debe de haber necesitado inmensas investigaciones. El manuscrito recibió el premio «Hume Brown» otorgado por la Universidad de Edimburgo. El propósito de sus autores es poner de relieve las consecuencias económicas y sociales del progreso científico durante la llamada «revolución industrial», que no fué tanto una revolución como un lento cambio evolutivo, y señalar por qué y cómo se produjeron las innovaciones, relacionando a éstas con las necesidades sociales que exigían la solución de determinados problemas técnicos. En la introducción se indica que el punto de partida es aproximadamente el año 1750, y que la enorme cantidad de datos recogidos obligó a poner término al estudio hacia la fecha de 1830. El método adoptado revela una cierta preponderancia de los temas escoceses, lo cual no es ningún defecto.

No es posible describir en detalle los diversos capítulos, pero sí señalar la secuencia lógica con que se conduce al lector desde los minerales y primitivas manufacturas a través de industrias bien conocidas, como las del papel, vidrio, cerámica y hierro, y otras no tan familiares—algas, vitriolo, mordientes, brea y fósforos—hasta las factorías agrícolas y la economía de la vegetación, siempre con gran equilibrio en la presentación de estos temas y una delicada elección en las citas. Hay además 16 diagramas que ilustran la evolución y ramificaciones de diversas industrias, una portada en color y 110 ilustraciones. También contiene una cronología química de 9 páginas y una bibliografía de 28; el índice, la impresión y el papel son excelentes.

Esta obra es de gran importancia no sólo para los interesados en la historia del desarrollo industrial sino más particularmente para quienes se interesan en la tecnología social y sus consecuencias.

ARTHUR MARSDEN

WAHL, A. C. y BONNER, N. A. (Compiladores). *Radioactivity Applied in Chemistry.* 604 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1951. 60s.

El campo de las aplicaciones químicas de la radiactividad se está extendiendo tan rápidamente que es casi imposible para el investigador individual mantener al día una bibliografía de sólo una limitada parte del mismo. Esta obra es por tanto muy bien recibida. Se trata de la suma de los esfuerzos de doce autores que han conducido una intensa investigación sobre los trabajos publicados sobre las aplicaciones de la radiactividad en la química, desde los más primitivos hasta 1950. Se ha consultado más de 1500 referencias, y el contenido de las mismas se presenta de tal modo que el lector puede conocer rápidamente los trabajos realizados en cualquier rama de la química.

La mitad del libro consiste de capítulos destinados a mostrar el procedimiento de aplicación de los métodos radiactivos a un determinado tipo de investigación. Los autores se han esforzado por conseguir en esta parte del libro una unificación de estilo, lo que favorece grandemente su legibilidad. El resto de la obra consiste de datos tabulados por orden de materias, hallándose en esta sección los resultados de numerosos experimentos, presentados con sorprendente concisión. Esta es una obra de referencia de extraordinaria utilidad para el estudiante y el especialista; pero el lector que quiera una especie de introducción a dichos estudios debe buscarla en otra parte.

W. J. ARROL

ZOOLOGIA

VACHON, MAX. *Etudes sur les Scorpions* (con un prefacio de L. Fage). 482 págs., con 697 figuras. Institut Pasteur d'Algérie, Argel. 1952. Frs. 2200.

Esta es una obra valiosa. Pero digamos, para empezar, que un mucho mejor título hubiera sido «Revisión de los escorpiones del Noroeste del Africa», aunque los dos capítulos iniciales tienen aplicación general.

El Capítulo I trata de la morfología interna y externa y costumbres de los escorpiones, que, sorprendentemente, han recibido muy poca atención. El Capítulo II examina el valor relativo de los distintos caracteres morfológicos para la clasificación e identificación de los escorpiones, llegándose a conclusiones que probablemente influirán sobre la futura determinación y descripción de las especies. El autor insiste particularmente en la importancia de los tricobotrios (vello sensorio) de los pedipalpos.

El resto de la obra (unas 422 páginas) clasifica, describe y localiza geográficamente todos los escorpiones conocidos que habitan en Marruecos, Argelia, Túnez y el Sahara. El autor reconoce 33 especies (58 formas) distribuídas en 15 géneros. Describe 4 géneros nuevos, 9 especies y 7 sub-especies y variedades nuevas. Estudia el origen de la fauna de dicho área e ilustra con mapas su presente distribución.

Con sus excelentes descripciones e ilustraciones, este libro nos hace desear que su autor intentase un completo estudio comparativo de los escorpiones de todo el mundo, que alcanzan, a lo que sabemos, sólo unas 600 especies. La literatura sobre este tema se encuentra difícilmente, las descripciones son a menudo insuficientes y la sinonimia muy confusionista, pero la tarea indicada se encuentra dentro de las posibilidades de un investigador que centre en ella todas sus actividades.

W. S. BRISTOWE

Libros recibidos

(*Nota.* La mención de un libro en esta sección no excluye su futura revista.)

ASTRONOMIA

BONDI, H. *Cosmology.* 179 págs. Cambridge University Press, Londres. 1952. 22s. 6d.

CARTER, L. J. (Compilador). *The Artificial Satellite.* Proceedings of the Second International Congress on Astronautics. 73 págs. The British Interplanetary Society, Londres. 1952. 5s. 6d.

BIOLOGIA

BERTALANFFY, L. VON. *Problems of Life.* 216 págs. Watts and Company. Londres. 1952. 25s.

FOERSTER, HEINZ VON (Compilador). *Cybernetics.* Transactions of the Eighth Conference, 15–16 marzo 1951. 240 págs. Josiah Macy Jr. Foundation, Nueva York. 1952. $4.

Genes and Mutations. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, Vol. XVI. 521 págs., con numerosas ilustraciones a línea y medio-tono. The Biological Laboratory, Cold Spring Harbor, Long Island, Nueva York. 1951. $9.

WILLIAMS, R. T. (Compilador). *Metabolism and Function in Nervous Tissue.* Biochemical Society Symposia No. 8. Cambridge University Press, Londres. 1952. 12s. 6d.

FISICA

Annual Review of Nuclear Science, Vol. I, 1952. 645 págs., con diversos diagramas a línea. Annual Reviews Inc., Stamford, California. 1952. $6.

Control and Removal of Radioactive Contamination in Laboratories. Manual No. 48. 24 págs. National Bureau of Standards, Washington. 1951. $0,15.

HOSELITZ, K. *Ferromagnetic Properties of Metals and Alloys.* 317 págs., con diversos diagramas a línea. Oxford University Press, Londres. 1952. 40s.

MASSEY, H. S. W. y BURHOP, E. H. S. *Electronic and Ionic Impact Phenomena.* 669 págs., con numerosos diagramas a línea. Oxford University Press, Londres. 1952. 70s.

MØLLER, C. *The Theory of Relativity.* 386 págs. Oxford University Press, Londres. 1952. 35s.

MOTT, N. F. *Elements of Wave Mechanics.* 156 págs. Cambridge University Press, Londres. 1952. 21s.

MURRAY, H. D. (Compilador). *Colour in Theory and Practice.* 360 págs., con numerosas ilustraciones a línea, medio-tono y color. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 70s.

ROCHESTER, G. D. y WILSON, J. G. *Cloud Chamber Photographs of the Cosmic Radiation.* 128 págs., con numerosas ilustraciones a medio-tono. Pergamon Press Limited, Londres. 1952. 70s.

SIMON, F. E., KURTI, N., ALLEN, J. F. y MENDELSSOHN, K. *Low Temperature Physics.* 132 págs., con diagramas a línea y medio-tono. Pergamon Press Limited, Londres. 1952. 21s.

SMITH, R. A. *The Physical Principles of Thermodynamics.* 280 págs. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 30s.

GEOLOGIA

BÖRNER, RUDOLF. *Welcher Stein ist das?* 165 págs., con diversas planchas en color. Kosmos-Gesellschaft der Naturfreunde. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart. 1952. DM. 5,80.

HISTORIA DE LA CIENCIA

BAUMGARDT, CAROLA. *Johannes Kepler: Life and Letters.* 209 págs. Victor Gollancz Limited, Londres. 1952. 12s. 6d.

CROWTHER, J. G. *British Scientists of the Twentieth Century.* 320 págs., con diversas ilustraciones a medio-tono. Routledge and Kegan Paul Limited, Londres. 1952. 25s.

OSBORN, FRED M. *The Story of the Mushets.* 195 págs., con numerosas ilustraciones a medio-tono. Thomas Nelson and Sons Limited, Londres. 1952. 21s.

SCOTT, J. F. *The Scientific Work of René Descartes.* 211 págs., con diversos diagramas a línea. Taylor and Francis Limited, Londres. 1952. 20s.

SHERWOOD TAYLOR, F. *The Alchemists.* 246 págs., con diversas ilustraciones a línea. William Heinemann Limited, Londres. 1952. 12s. 6d.

THRELFALL, RICHARD E. *The Story of 100 Years of Phosphorus Making:* 1851–1951. 400 págs., con diversas ilustraciones a línea, medio-tono y color. Albright and Wilson Limited, Oldbury, Inglaterra. 1951. 25s.

INDUSTRIA

British Plastics Year Book 1952. 515 págs. Iliffe and Sons Limited, Londres. 1952. 30s.

DELMONTE, JOHN. *Plastics Molding.* 493 págs., con diversas ilustraciones a línea y medio-tono. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 72s.

SCHILDKNECHT, CALVIN E. *Vinyl and Related Polymers.* 723 págs., con numerosas ilustraciones a línea y medio-tono. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 100s.

URQUHART, A. R., HEGAN, H. J., y LOASBY, G. *The Development of some Man-Made Fibres.* 79 págs. The Textile Institute, Manchester. 1952. 12s. 6d.

METALURGIA

SMITHELLS, COLIN J. *Tungsten* (tercera edición). 326 págs., con numerosas ilustraciones a línea y medio-tono. Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 75s.

QUIMICA

BELL, R. P. *Acids and Bases, their Quantitative Behaviour.* 90 págs., con diversos diagramas a línea. Methuen and Company Limited, Londres. 1952. 6s. 6d.

COULSON, C. A. *Valence.* 338 págs., con varias ilustraciones a línea. Oxford University Press, Londres. 1952. 25s.

ELDERFIELD, ROBERT C. (Compilador). *Heterocyclic Compounds* (Vols. III y IV). 441 y 674 págs. respectivamente. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 96s. y 136s. respectivamente.

GUÉRIN, HENRI. *Traité de Manipulation et d'Analyse des Gaz.* 636 págs., con diversos diagramas a línea. Masson et Cie., París. 1952. En rústica, Frs. 4500; en pasta, Frs. 5100.

GUGGENHEIM, E. A. *Mixtures.* 270 págs. Oxford University Press, Londres. 1952. 42s.

SILLÉN, L. G., LANGE, P. W., y GABRIELSON, C. O. *Problems in Physical Chemistry.* 370 págs. Prentice-Hall Inc., Nueva York. 1952. $6,65.

TAYLOR, HUGH S. y GLASSTONE, SAMUEL. *Treatise on Physical Chemistry* (Vol. II). *States of Matter.* 701 págs., con varios diagramas a línea. D. Van Nostrand Company Inc., Nueva York; Macmillan and Company Limited, Londres. 75s.

WITTCOFF, HAROLD. *The Phosphatides.* 564 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1951. 80s.

Notas sobre los colaboradores

T. P. HILDITCH

Nació en 1886 y estudió en la Universidad de Londres y en las de Jena y Ginebra. Realizó investigaciones (1911–25) con fines industriales sobre la hidrogenación de las grasas y otros procesos catalíticos y sobre la composición y constitución de las grasas empleadas en la industria. De 1926 a 1951 ocupó la cátedra de Química industrial de la Universidad de Liverpool, donde creó una escuela de investigación sobre las grasas.

A. C. CROMBIE

Nació en Brisbane, Australia, en 1915, y estudió en las Universidades de Melbourne y Cambridge. Autor de diversos trabajos biológicos. En 1946 fué nombrado Profesor de Historia y filosofía de la ciencia en la Universidad de Londres. Ha escrito dos libros que aparecerán brevemente: *Augustine to Galileo. The History of Science*, A.D. 400–1650 (Falcon Press, Londres) y *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science* (Clarendon Press, Oxford).

A. BUTENANDT

Nacido en Bremerhave en 1903, estudió en las Universidades de Marburg y Gotinga. Ocupó sucesivos cargos como *Privatdocent* en Gotinga (1931), Catedrático de Química orgánica de la Escuela Politécnica de Danzig (1933), Director del *Kaiser-Wilhelm Institut* de Bioquímica (1936), Catedrático de Química fisiológica y Director del Instituto de Fisiología química de Tubinga (1945). Premio Nobel de Química en 1939.

THOMAS W. M. CAMERON

Nació en 1894 y estudió en las Universidades de Glasgow, Edimburgo y Londres y en el Real Colegio de Veterinaria. Profesor adjunto de la Escuela de Higiene y Medicina Tropical de Londres y más tarde Catedrático adjunto de Zoología en Edimburgo. Desde 1932 ocupa la Cátedra de Parasitología de la Universidad McGill, y es Director del Instituto de Parasitología del *Macdonald College*. Elegido Miembro de la *Royal Society of Canada* en 1939, en la que fué Presidente de la Sección v en 1949–50. Presidente de la *American Society of Parasitologists* en 1949. En adición a sus numerosos trabajos, ha publicado varios libros, entre ellos *Diseases of Animals in Relation to Man*, *Parasites of Domestic Animals* y *Parasites of Man in Temperate Climates*. Es redactor-jefe de la revista *Canadian Journal of Comparative Medicine*.

W. JACOBSON

Nació en 1906 y se graduó en las Universidades de Heidelberg y Cambridge. Fué el primero en observar la relación entre la formación de células sanguíneas y las pterinas, hace quince años. Ha investigado dicho grupo de compuestos y su modo de acción, especialmente en relación con las células normales y patológicas de la sangre. En la actualidad realiza investigaciones en el *Strangeways Research Laboratory* y es miembro docente del Departamento de Fisiología de la Universidad de Cambridge. Ha pasado recientemente dos años en los Estados Unidos, subvencionado por la Fundación Rockefeller y el Comité Fulbright, realizando estudios en el Hospital de Niños de Boston sobre problemas relacionados con el tratamiento de la leucemia.

M. WEBB

Graduado de la Universidad de Birmingham. Profesor de Química orgánica y biológica en dicha universidad y autor de numerosos trabajos sobre diversos aspectos de la química bacteriana. Trasladado en 1949 a Cambridge, donde es miembro del personal del *Medical Research Council* y se ha ocupado en la formación de un grupo de bioquímica en el *Strangeways Research Laboratory*.

E. G. PRINGSHEIM

Nació en 1881. Nombrado Catedrático adjunto en la Universidad de Berlín en 1920, y Catedrático y Director del Departamento de Fisiología vegetal de la Universidad Alemana de Praga desde 1923 a 1938. En 1939 llegó como refugiado a la Gran Bretaña trayendo consigo una colección de cultivos puros de algas, que fué reorganizada en el *Queen Mary College* de la Universidad de Londres, con la ayuda del Profesor F. E. Fritsch. Fué entonces nombrado curador de la colección de cultivos de algas y protozoos de la Escuela de Botánica de Cambridge, incorporada a la Universidad en 1947. Jubilado a fines de 1951, en la actualidad realiza trabajos en el *Strangeways Research Laboratory* de Cambridge. Es autor de diversos trabajos sobre fisiología vegetal y sobre la taxonomía y biología de los flagelados, y de libros sobre la irritabilidad de las plantas y sobre los experimentos demostrativos. Ha escrito asimismo un tratado sobre la preparación de cultivos puros de algas (Cambridge University Press, 1946). Ha recibido la Medalla Gauss-Weber (1950) de la Universidad de Gotinga.

G. M. B. DOBSON

Nació en 1889 y estudió en Cambridge. Estudiante-investigador en el Observatorio de Kew, luego Jefe instructor de Meteorología en la Escuela Central de Aeronavegación de Upavon (1913–16) y después del Centro de Farnborough (1916–19). Ha orientado sus investigaciones principalmente hacia los problemas físicos de la atmósfera.